This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

LANE MEDICAL LIBRARY STANFORD
2 45 0422 6465

Aus Natur und Geisteswelt

539

H. Boruttau

Die Arbeitsleistungen des Menschen

Einführung in die Arbeitsphysiologie

B. G. Teubner · Leipzig · Berlin

Die Sammlung

„Aus Natur und Geisteswelt"

nunmehr schon über 500 Bändchen umfassend, will die Errungenschaften von Wissenschaft, Kunst und Technik weiteren Kreisen zugänglich machen und einem jeden die Möglichkeit bieten, auch auf ihm ferner liegenden Gebieten deren Fortschritte zu verfolgen.

Sie bietet wirkliche „Einführungen" in die Hauptwissensgebiete für den Unterricht oder Selbstunterricht, wie sie den heutigen methodischen Anforderungen entsprechen – ein Bedürfnis erfüllend, dem Skizzen mit dem Charakter von „Auszügen" aus großen Lehrbüchern nie entsprechen können, da solche vielmehr eine Vertrautheit mit dem Stoffe schon voraussetzen.

Damit sie stets auf die Höhe der Forschung gebracht werden können, sind die Bändchen nicht, wie die anderer Sammlungen, stereotypiert, sondern werden – was freilich die Aufwendungen sehr wesentlich erhöht – bei jeder Auflage durchaus neu bearbeitet und völlig neu gesetzt. So konnte der Sammlung auch der Erfolg nicht fehlen. Über 200 Bändchen liegen bereits in 2. bis 6. Auflage vor, insgesamt hat sie bis jetzt eine Verbreitung von über 3 Millionen Exemplaren gefunden.

In den Dienst dieser Aufgabe haben sich darum auch in dankenswerter Weise von Anfang an die besten Namen gestellt, gern die Gelegenheit benutzend, sich an weiteste Kreise zu wenden, der Gefahr der „Spezialisierung" unserer Kultur entgegenzuarbeiten an ihrem Teil bestrebt.

So vermag die Sammlung dem Leser ein Verständnis dafür zu vermitteln, wie die moderne Wissenschaft es erreicht hat, über wichtige Fragen von allgemeinem Interesse Licht zu verbreiten, und ihn dadurch zu einem selbständigen Urteil zu befähigen.

Alles in allem sind die schmucken, gehaltvollen Bände, denen von Professor Tiemann ein neues künstlerisches Gewand gegeben, durchaus geeignet, die Freude am Buche zu wecken und daran zu gewöhnen, einen kleinen Betrag, den man für Erfüllung körperlicher Bedürfnisse nicht anzusehen pflegt, auch für die Befriedigung geistiger anzuwenden. Durch den billigen Preis ermöglichen sie es tatsächlich jedem, auch dem wenig Begüterten, sich eine Bibliothek zu schaffen, die das für ihn Wertvollste „Aus Natur und Geisteswelt" vereinigt.

Jedes der meist reich illustrierten Bändchen
ist in sich abgeschlossen und einzeln käuflich

Jedes Bändchen geheftet Mark 1.–, in Leinwand gebunden Mark 1.25

Werke, die mehrere Bändchen umfassen, auch in einem Band gebunden

Leipzig, 1. Januar 1915 **B. G. Teubner**

SPEYER & PETERS
Buchhandlung/Antiquariat
BERLIN NW. 7

Jedes Bändchen geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25

Zur Geſundheitspflege und Heilkunde

ſind bisher erſchienen:

Der menſchliche Körper, ſeine Organe und ſein Leben

Bau und Tätigkeit des menſchlichen Körpers. Von Profeſſor Dr. H. Sachs. 3. Auflage. Mit 37 Abbildungen. (Bd. 32.)

Die Anatomie des Menſchen. Von Profeſſor Dr. K. v. Bardeleben. 6 Bände. Mit zahlreichen Abbildungen. (Bd. 418–423.)
I. Teil: Zellen- und Gewebelehre. Entwicklungsgeſchichte. Der Körpers als Ganzes. 2. Auflage. Mit 70 Abbildungen. (Bd. 418.)
II. Teil: Das Skelett. 2. Auflage. Mit 59 Abbildungen. (Bd. 419.)
III. Teil: Das Muskel- und Gefäßſyſtem. 2. Auflage. Mit 68 Abbildungen. (Bd. 420.)
IV. Teil: Die Eingeweide (Darm-, Atmungs-, Harn- und Geſchlechtsorgane. 2. Auflage. Mit 39 Abbildungen. (Bd. 421.)
V. Teil: Nervenſyſtem und Sinnesorgane. Mit 50 Abbildungen. (Bd. 422.)
VI. Teil: Statik und Mechanik des menſchlichen Körpers. Mit 26 Abbildungen. (Bd. 423.)

Herz, Blutgefäße und Blut und ihre Erkrankungen. Von Profeſſor Dr. H. Roſin. Mit 18 Abbildungen. (Bd. 312.)

Vom Nervenſyſtem, ſeinem Bau und ſeiner Bedeutung für Leib und Seele in geſundem und krankem Zuſtande. Von Profeſſor Dr. R. Zander. 2. Auflage. Mit 27 Figuren. (Bd. 48.)

Geiſteskrankheiten. Von Anſtaltsoberarzt Dr. G. Ilberg. (Bd. 151.)

Die fünf Sinne des Menſchen. Von Profeſſor Dr. J. K. Kreibig. 2. Auflage. Mit 39 Abbildungen. (Bd. 27.)

Das Auge des Menſchen und ſeine Geſundheitspflege. Von Prof. Dr. med. G. Abelsdorff. Mit 15 Abbild. (Bd. 149.)

Das Auge und die Brille. Von Dr. M. v. Rohr. Mit 84 Abbildungen und 1 Lichtdrucktafel. (Bd. 372.)

Die menſchliche Stimme und ihre Hygiene. Von Profeſſor Dr. P. H. Gerber. 2. Auflage. Mit 20 Abbildungen. (Bd. 136.)

Das menſchliche Gebiß, ſeine Erkrankung und Pflege. Von Zahnarzt Fr. Jäger. Mit 24 Abbildungen. (Bd. 229.)

Die Geſchlechtskrankheiten, ihr Weſen, ihre Verbreitung, Bekämpfung und Verhütung. Von Generalarzt Profeſſor Dr. W. Schumburg. 2. Auflage. Mit 4 Abb. und 1 Tafel. (Bd. 251.)

Die Tuberkuloſe, ihr Weſen, ihre Verbreitung, Urſache, Verhütung und Heilung. Von Generalarzt Profeſſor Dr. W. Schumburg. 2. Auflage. Mit 1 Tafel und 8 Figuren. (Bd. 47.)

Hypnotismus und Suggeſtion. Von Dr. E. Trömner. 2. Auflage. (Bd. 199.)

Allgemeine Geſundheitspflege

Acht Vorträge aus der Geſundheitspflege. Von weil. Profeſſor Dr. H. Buchner. 4. Auflage beſorgt von Profeſſor Dr. M. von Gruber. Mit 26 Abbildungen. (Bd. 1.)

Jedes Bändchen geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25

Allgemeine Gesundheitspflege

Die Naturwissenschaften im Haushalt. Von Dr. J. Bongardt. 2 Bände. Mit zahlreichen Abbildungen. (Bd. 125, 126, auch in 1 Band gebunden.)
I. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für die Gesundheit der Familie? Mit 31 Abbildungen. (Bd. 125.)
II. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für gute Nahrung? Mit 17 Abbildungen. (Bd. 126.)
Ernährung und Volksnahrungsmittel. Von weil. Professor Dr. J. Frenkel. 2. Auflage. Neu bearbeitet von Geh. Rat Prof. Dr. A. Zuntz. Mit 7 Abbild. und 2 Tafeln. (Bd. 19.)
Der Alkoholismus. Von Dr. G. B. Gruber. Mit 7 Abbildungen. (Bd. 103.)
Die Leibesübungen und ihre Bedeutung für die Gesundheit. Von Professor Dr. R. Zander. 3. Auflage. Mit 19 Abbildungen. (Bd. 13.)
Die Chirurgie unserer Zeit. Von Professor Dr. Feßler. Mit 52 Abbildungen. (Bd. 339.)
Arzneimittel und Genußmittel. Von Professor Dr. O. Schmiedeberg. (Bd. 363.)
Krankenpflege. Von Chefarzt Dr. B. Leick. (Bd. 152.)
Gesundheitslehre für Frauen. Von Professor Dr. Opitz. Mit Abbildungen. (Bd. 171.)
Die krankheiterregenden Bakterien. Von Privatdozent Dr. M. Loehlein. Mit 33 Abbildungen. (Bd. 307.)
Die Abwehrkräfte des Körpers. Eine Einführung in die Immunitätslehre. Von Privatdozent Dr. med. H. Kämmerer. (Bd. 794.)
Desinfektion, Sterilisation, Konservierung. Von Regierungs- und Medizinalrat Dr. O. Solbrig. (Bd. 401.)
Kosmetik. Von Dr. J. Saudeck. (Bd. 489.)
Der Aberglaube in der Medizin und seine Gefahr für Gesundheit u. Leben. Von Prof. Dr. D. v. Hansemann. 2. Aufl. (Bd. 83.)

Gesundheitspflege des Kindes

Der Säugling, seine Ernährung und seine Pflege. Von Dr. W. Kaupe. Mit 17 Abbildungen. (Bd. 154.)
Körperliche Verbildungen im Kindesalter und ihre Verhütung. Von Dr. M. David. Mit 26 Abbildungen. (Bd. 321.)
Schulhygiene. Von Professor Dr. L. Burgerstein. 3. Auflage. Mit 43 Figuren. (Bd. 96.)

Heilkunde

Die moderne Heilwissenschaft. Wesen und Grenzen des ärztlichen Wissens. Von Dr. E. Biernacki. Deutsch von Dr. S. Ebel. (Bd. 25.)
Der Arzt. Seine Stellung und Aufgaben im Kulturleben der Gegenwart. Ein Leitfaden der sozialen Medizin. Von Dr. med. M. Fürst. (Bd. 265.)

Weitere Bände befinden sich in Vorbereitung.

Aus Natur und Geisteswelt
Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen

539. Bändchen

Die Arbeitsleistungen des Menschen

Einführung in die Arbeitsphysiologie

Von

Prof. Dr. H. Boruttau

Mit 14 Figuren im Text

Druck und Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin 1916

LANE
MEDICAL

LIBRARY
Gift
Dr. Alonzo E. Taylor

Schutzformel für die Vereinigten Staaten von Amerika:
Copyright 1916 by B. G. Teubner in Leipzig.

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechts, vorbehalten.

A111H
A93
v.539
1916

Vorwort.

Das vorliegende Bändchen hat den Inhalt eines volkstümlichen Hochschulkurses zur Grundlage, der bereits vor einigen Jahren gehalten wurde. Das darin behandelte Thema gewinnt im Lichte der Volkswirtschaft und der Volksgesundheit heutzutage das Interesse immer weiterer Kreise, und der Weltkrieg, dessen Größenordnungen in jeder Beziehung alles bisher geschichtlich Überlieferte in den Schatten stellen, wirft gerade auf die Leistungsfähigkeit des menschlichen Organismus selbst, wie auf den Umfang, in dem wir Naturkräfte aufbauend wie zerstörend zu verwerten gelernt haben, ein Licht, welches das Interesse für die Aufgaben der Arbeitsphysiologie und -hygiene ebensosehr weiter steigern dürfte, wie die Aufgaben, die uns nach diesem Kriege erwarten.

Der statistische Versuch einer Schätzung der gesamten mechanischen Arbeitsleistung der Menschen, Nutztiere und Kraftmaschinen auf der Erde, den ich im Beginne des letzten Abschnittes bringe, ist meines Wissens in den letzten Jahrzehnten von anderer Seite nicht gemacht worden. Natürlich kann es sich nur um eine Vorstellung der ungefähren Größenordnung handeln. Es wird zu den Aufgaben der dort geschilderten Unternehmung gehören, genaueres Zahlenmaterial zu sammeln und zu verwerten.

Berlin, im Januar 1916.

H. Boruttau.

82352

Inhaltsverzeichnis.

Erſter Abſchnitt. Seite

Der Begriff der Arbeitsleiſtung. Mechaniſche Arbeit. Energie und ihre Formen. Erhaltung der Energie. Thermodynamik. Wärmemotoren. Der Muskel als Motor 1

Zweiter Abſchnitt.

Die allgemeine Phyſiologie der Muskeln. Das Weſen der Muskelzuſammenziehung. Der Muskel iſt keine Wärmekraftmaſchine. Die Bedeutung der Oxydationsvorgänge bei der Muskeltätigkeit 10

Dritter Abſchnitt.

Die Meſſung der Muskelarbeit auf mechaniſcher Grundlage. Reihenphotographie und Phoronomie. Ergebniſſe dieſer Beſtrebungen, angewendet auf die Hauptformen menſchlicher Ortsbewegung . 29

Vierter Abſchnitt.

Berechnung der Arbeitsleiſtung aus den Ergebniſſen der Meſſung des reſpiratoriſchen Stoffwechſels. Arbeitsleiſtung bei Leibesübungen und Handwerk. Normalarbeitstag. Kriegsleiſtungen 40

Fünfter Abſchnitt.

Methodik der Übung und des Lernens. Rolle des Nervenſyſtems. Nervenfunktion und geiſtige Arbeit. Frage der Meßbarkeit derſelben. Erhöhung der Leiſtungsfähigkeit mit der Fortentwicklung der Menſchheit 56

Sechſter Abſchnitt.

Statiſtik der Arbeit. Mechaniſche Leiſtung der Menſchen, Arbeitstiere und Kraftmaſchinen auf der Erde. Organiſation der Arbeit. Taylors Syſtem. Kaiſer Wilhelm-Inſtitut für Arbeitsphyſiologie 72

Literatur 85

Verzeichnis der Abbildungen 86

Alphabetiſches Regiſter 87

Erster Abschnitt.

Der Begriff der Arbeitsleistung. Mechanische Arbeit. Energie und ihre Formen. Erhaltung der Energie. Thermodynamik. Wärmemotoren. Der Muskel als Motor.

Das deutsche Wort „Arbeit" wird heutzutage in mehrerlei Sinn angewendet. Es bedeutet uns einesteils die Tätigkeit als solche, andernteils das Ergebnis derselben, das vollendete Werk. Das Hauptwort „Werk", zusammenhängend mit dem Zeitwort „wirken", sollte eigentlich mehr gebraucht werden, als es jetzt geschieht, es sollte überall gebraucht werden, wo man sich über die guten oder schlechten Eigenschaften des fertigen Ergebnisses aussprechen will und jetzt zu sagen pflegt etwa: Welch herrliche Arbeit ist diese Schnitzerei; dieser Stuhl oder dieses Schloß zeigt nachlässige Arbeit. Aber man meint wohl: es ist nachlässig gearbeitet worden bei seiner Herstellung; man will mit der Kritik des Ergebnisses zugleich auch die Tätigkeit als solche kennzeichnen.

Diese letztere wird lediglich als solche bezeichnet durch die Worte machen, schaffen, wirken. In dem Worte „Arbeit" aber steckt ebenso wie im lateinischen „labor" noch etwas mehr, nämlich der Begriff der Mühe, der Anstrengung. Im Altdeutschen heißt Arbeit oft geradezu so viel wie Mühsal, Leid, Not, genau so wie auch das lateinische labor; das daher genommene Zeitwort laborare bedeutete geradezu an etwas leiden oder kranken; und nicht nur altmodische Ärzte, sondern selbst der Volksmund sagt noch heute, daß jemand am Zipperlein oder an der Zuckerkrankheit oder an Zahnschmerzen „laboriere".

Dieser Charakter des Wortes Arbeit dient uns nun gleich auch zur genaueren Bestimmung ihres Begriffes im Sinne der zu vollbringenden wie der vollbrachten Tätigkeit, sowie zu ihrer Messung.

Beides, die Begriffsbestimmung wie auch die Messung, kann erfolgen vom Standpunkte der Physik aus, d. h. der allgemeinen Naturlehre, oder aber vom Standpunkte der Physiologie aus, d. h. also der Natur- oder Funktionslehre der lebenden Wesen, hier wieder in erster Linie des Menschen. Denn aus der eigenen Erfahrung unserer

Sinne, aus unserem Bewußtsein haben wir die Kunde dessen, was Arbeit sei im Sinne der Anstrengung. Was sie sei und was arbeiten bedeutet gegenüber dem Müßiggang, das lehrt uns das unangenehme Gefühl, das „Unlustgefühl" der Ermüdung, welches sich einstellt, wenn wir eine zeitlang gearbeitet haben, wenn wir durch das Arbeiten ein Werk verrichtet haben. Diese Ermüdung ist um so größer, je beträchtlicher dieses verrichtete Werk ist. Wir nehmen ihre Größe als Maßstab für das Werk, das wir verrichtet haben; wir nennen die Arbeit um so „schwerer", je schneller sie ermüdet, je „mehr" wir also in der Zeiteinheit (Minute, Stunde usw.) haben schaffen müssen.

Fragen wir uns nun, wovon der Ermüdungsgrad abhängt, so wird man nach einigem Überlegen und Zurückgreifen auf die tägliche Erfahrung vielleicht antworten, daß er abhängt von der Größe des Widerstandes, welcher unserer Tätigkeit sich entgegenstellt.

Wir kommen auf diese Weise zur Begriffsbestimmung der Arbeit im Sinne der Physik, insbesondere desjenigen Teils der Physik, welcher von derjenigen Arbeit handelt, die jedem von Kind auf am geläufigsten ist, bei der nämlich Bewegung hervorgebracht wird. Von der Bewegung (und vom Gleichgewicht) handelt aber die Mechanik, und wir sprechen von mechanischer, als Bewegung sichtbarer Arbeit, im Gegensatz zu unsichtbarer Arbeit, wie sie die Physik auch wohl kennt und wozu wir unsererseits die später zu besprechende geistige Arbeit rechnen müssen.

Sichtbare mechanische Arbeit wird nun im Sinne der Physik geleistet von Kräften; wenn ein Tier oder der Mensch sie leistet, von den Kräften seiner Muskeln. Die Kräfte leisten die Arbeit, indem sie die Widerstände oder Gegenkräfte überwinden.

Die gewöhnlichste und nächstliegende solcher Gegenkräfte ist nun bei uns auf der Erde die Anziehungskraft, mit welcher sie alle Körper in ihrer Nähe nach ihrem Mittelpunkt hin zu ziehen bestrebt ist, die sogenannte Schwerkraft oder Gravitation. Diese bewirkt, daß jeder nicht unterstützte Körper zu fallen sucht, bzw. fällt, bis er von der Oberfläche der festen Erdrinde oder einer anderen festen Unterlage im Fallen aufgehalten wird und auf dieser liegen bleibt.

Wenn wir einen Körper hochheben wollen, so daß er sich vom Mittelpunkt der Erde entfernt, so müssen wir die Schwerkraft, insofern sie unserer Bewegung Widerstand leistet, überwinden, und wir müssen das tun während des ganzen Weges, durch welchen wir den Körper be-

wegen; das ist, wenn wir ihn geradewegs in die Höhe heben, die sogenannte Hubhöhe.

Wir sagen ganz allgemein: eine Kraft leistet (mechanische) Arbeit, indem sie längs eines Weges den dortselbst sich ihr entgegensetzenden Widerstand überwindet; und wir können, wofern dieser gleich bleibt, die geleistete Arbeit *messen*, indem wir ihn, resp. die ihn darstellende *Gegenkraft mit der Länge des Weges multiplizieren*.

Wenn wir mit der Kraft unserer Muskeln, von welcher wir bald ausführlich werden zu sprechen haben, einen Gegenstand von einem bestimmten Gewicht um einen gewissen geraden Weg in die Höhe heben, d. h. vom Mittelpunkte der Erde entfernen, so wird die Kraft, die wir zu überwinden haben, ausgedrückt durch sein Gewicht in üblichen Einheiten, Gramm oder Kilogramm; denn das Gewicht eines Körpers ist ja nichts anderes als die Kraft, mit welcher die Erde ihn oder einen Gegenstand von gleicher Masse (er kann dabei „dichter" oder weniger dicht, kleiner oder größer nach seinem Rauminhalt sein) anzieht. Wir überwinden diese Kraft längs des ganzen Weges, um welchen wir den Gegenstand heben. Heben wir einen Gegenstand, der 1 kg wiegt, 1 m hoch, so drücken wir die dabei geleistete Arbeit aus durch Multiplikation der benannten Zahlen 1 kg × 1 m, allgemein wenn das Gewicht p ist und die Hubhöhe h, so ist die geleistete Arbeit $p \times h$, und als Einheit nimmt man eben diejenige Arbeit, welche geleistet wird, wenn ein Gewicht von 1 kg 1 m hoch gehoben wird; man nennt das ein *Meterkilogramm*. Wenn z. B. 1 kg 10 m hoch gehoben wird, oder aber 2 kg 5 m hoch, oder 5 kg 2 m hoch, oder endlich 10 kg 1 m hoch, so ist das jedesmal eine Arbeitsleistung von 10 mkg (Meterkilogramm).

Theoretisch wie praktisch wird es ganz allgemein nicht nur darauf ankommen, wie groß eine mechanische Arbeitsleistung ist, sondern auch *innerhalb welcher Zeit* sie geleistet wird. Da die Leistung von einem Meterkilogramm in einer Sekunde für menschliche Verhältnisse nicht als sonderlich groß zu bezeichnen ist, so hat die Technik allgemein hier als Einheit die *Pferdestärke* (PS) angenommen, welche der Leistung von 75 mkg in je einer Sekunde gleichgesetzt ist. Ein lebendes Pferd leistet allerdings soviel höchstens im ersten Augenblick des „Anziehens"; während längerer Arbeit beträgt seine Leistung immer nur einen Teil der technischen Pferdestärke. Neuerdings ist mehrfach vorgeschlagen, an Stelle der Pferdestärke allgemeiner die übliche tech-

nische Einheit der elektrischen Arbeit zu setzen, nämlich das Kilowatt (1000 Watt oder Voltampere, d. h. das Tausendfache der Arbeit, welche ein elektrischer Strom bei einer Spannung von einem Volt und einer Stromstärke von einem Ampere leistet). Sie entspricht aus hier nicht näher zu erörternden Gründen etwas weniger als 100 (98,1) mkg Arbeitsleistung in der Sekunde.

Nicht immer wird aber mechanische Arbeit geleistet durch einfaches Hochheben, d. h. Bewegen einer Masse in der Erdanziehung genau entgegengesetzter Richtung. Beim Bewegen einer Last im Sinne des Fortschreitens auf der Erdoberfläche oder Horizontalebene, sei es daß man dieselbe einfach schleifen läßt oder, bei glatter Unterlage, auf Schlittenkufen setzt oder endlich auf Walzen oder Rädern rollen läßt, immer wird Arbeit geleistet, welche in der Überwindung der Reibung auf dem Boden, sowie bei schnellerer Bewegung, des Luftwiderstandes besteht. Die Mechanik vermag ihre Größe nach den Gesetzen der Reibung fester Körper zueinander, sowie fester und luftförmiger Körper mit Hilfe mehr oder weniger verwickelter mathematischer Überlegungen und Formeln zu berechnen und in Meterkilogramm anzugeben, also zu sagen: die Leistung ist jedesmal die gleiche, wie wenn man so und soviel Kilogramm so und soviel Meter hoch gehoben hätte.

Der Kulturmensch ist ja nicht mehr auf die eigene Muskelkraft beschränkt. Nicht nur, daß er längst diejenige der Last- und Zugtiere sich zunutze gemacht hat, benutzt er auch Kräfte, die mehr oder weniger außerhalb der lebenden Körper wirken. Zwar die in den Brennstoffen Steinkohle und Mineralölen steckende ist nur die aufgespeicherte Kraft von Welten, die vor Jahrtausenden lebend waren, indessen benutzt ja der Mensch seit langem auch die Kraft des sich bewegenden Wassers und des Windes; und vorab die erstere lernt er neuerdings sich in größtem Maßstabe dienstbar machen.

Zu alledem erbaut er Vorrichtungen, in denen die betreffenden Kräfte nach den Gesetzen der Mechanik, vermittels der einzelnen Hilfsmittel und Teile, deren Wesen und Funktion der Techniker studiert, mechanische Arbeit leisten. Man nennt diese Vorrichtungen Kraftmaschinen oder Motoren. Eine Kraftmaschine oder ein Motor ist nun aber auch der Muskel, und die genauere Besprechung seines Baues, seiner Funktion und seiner Leistungen setzt voraus, daß wir noch etwas genauer verweilen bei den Vorgängen, welche in den verschiedenen Arten von Motoren oder Kraftmaschinen statthaben.

Ein lebendes Tier bewegt sich als solches scheinbar „von selbst" und man hat das tierische Leben gerade eben durch diese Bewegung definiert. Ebenso haben wir es bei der Bewegung des Wassers in Wasserläufen oder Wasserfällen, oder derjenigen der Luft, die wir im ersten Falle durch Wasserräder und Turbinen, im letzteren durch Windmühlen und Windmotoren für uns nutzbar machen, mit sichtbarer Bewegung zu tun, die uns an diejenige der lebenden Tiere erinnert. Der Dichter läßt ja den Fluß, den Bach, den Wind belebt sein; die Mythologie stellt sie durch lebende Personen, Götter oder Göttinen usw. dar. Wir sprechen deshalb auch hier von der lebendigen Kraft eines Wasserfalles oder des Windes und wir nennen jede Kraft, die befähigt ist, für uns nutzbare Arbeit zu leisten, richtiger „Werk" zu tun (s. oben) lebendig.

Die Fähigkeit, Arbeit zu leisten, als solche, nennen wir Energie, und wir unterscheiden die lebendige Kraft oder wirkliche, aktuelle auch kinetische (vom griechischen κινέω ich bewege) Energie von der Spannkraft, der potentiellen oder latenten Energie, d. h. verborgenen Fähigkeit Arbeit zu leisten, die unseren Sinnen nicht direkt als Bewegung auffällt. Man nennt, wie wir sehen werden, letztere zweckmäßig auch Energie der Lage, erstere Energie der Bewegung.

Wenn wir das Gewicht oder die Feder einer Uhr z. B. aufwinden, so speichern wir darin gewissermaßen die geleistete Arbeit auf; wenn die Feder oder das Gewicht losgelassen wird, so wird dieselbe wieder frei; die Spannkraft wird umgewandelt in lebendige Kraft, welche sichtbare Bewegung vollbringt, mechanische Arbeit leistet. Es handelt sich hier um eine Energieumwandlung, und zwar aus der einen der Hauptformen der Energie, der Spannkraft, in die andere, die lebendige Kraft und umgekehrt.

Wir wissen nun aber heutzutage, daß es innerhalb dieser Hauptformen wieder verschiedene Formen der Energie, d. h. also der Fähigkeit, Arbeit zu leisten, oder wie man gewöhnlicher und gemeinverständlicher sagt, der Kraft, gibt:

Zwischen diesen ist gegenseitige Umwandlung nach bestimmten Prinzipien möglich. Das hauptsächlichste der letzteren ist dasjenige von sogenannter Erhaltung der Kraft oder genauer gesagt der Energie, welches zuerst für die Beziehungen zwischen Wärme und mechanischer Arbeit aufgestellt und exakt bewiesen worden ist.

Bekanntlich beobachten wir bei verhinderter mechanischer Bewegung, überall dort, wo es zu stärkerer Reibung kommt, starke Erwär-

mung der reibenden Teile: Feuermachen der Wilden durch Reiben der Holzstücke; unsere Reibzündhölzer; Heißlaufen von Wagenachsen oder Maschinenteilen bei mangelnder Schmierung der Gleitflächen usw. Hier wird überall mechanische Arbeit in Wärme verwandelt. Es erfolgt dies derart, daß bestimmte Arbeitswerte (s. oben) stets als bestimmte Wärmemengen wiedererscheinen. Man hat ja in der Wärmelehre zu unterscheiden die Temperatur oder Wärmegrad (Grad des thermischen Zustandes, der mit dem Thermometer gemessen wird) und die Wärmemenge, bei der man in früheren Zeiten an Mengen eines unwägbar angenommenen „Wärmestoffes" dachte. Die Einheit der Wärmemenge ist die Kalorie, d. h. diejenige Wärmemenge, die man einem Kilogramm Wasser zuführen muß, um es um einen Grad der hundertteiligen (Celsius-) Skala wärmer zu machen als es vorher war. 1 kg allerreinster Kohle soll bei vollständiger, rußfreier Verbrennung über 8000 solcher Wärmeeinheiten liefern. Nachdem der württembergische Arzt Julius Robert Mayer auf Grund wesentlich biologischer Überlegungen 1842 zuerst den Satz von der Erhaltung der Kraft ausgesprochen, waren es der Engländer Joule, bei uns Helmholtz und später viele andere Physiker, welche dadurch, daß sie eine gemessene Menge mechanischer Arbeit auf dem Wege der Reibung vollständig in Wärme verwandelten und die Menge der letzteren gleichfalls maßen, feststellen konnten, daß einer bestimmten Menge geleisteter mechanischer Arbeit stets ein und dieselbe Menge Wärme entspricht, ihr also gleichwertig ist, weshalb man auch von dem thermischen Äquivalent der Arbeit spricht; und zwar entsteht immer aus 425 mkg Arbeit eine Kalorie (Wärmeeinheit).

Umgekehrt spricht man auch vom mechanischen Wärme-Äquivalent; denn aus einer Kalorie werden immer 425 mkg Arbeit, wenn Wärme in mechanische Arbeit verwandelt wird, was bei allen unseren sogenannten Wärmemotoren stattfindet, der Dampfmaschine, den sogenannten Explosionsmotoren, wie der Gasmaschine, den Benzinmotoren usw. Ihr wenn auch praktisch am wenigsten benutztes Urbild ist die Heißluftmaschine, bei welcher durch die Wärme, die ein Verbrennungsprozeß „hervorbringt", Luft in einem Zylinder erwärmt wird; dadurch bekommt sie das Bestreben, wie alle Körper, die erwärmt werden, am stärksten die gasförmigen, sich auszudehnen, und kann einen in dem Zylinder beweglichen Kolben verschieben und so mechanische Arbeit leisten.

Man bezeichnet das Gesetz von der Erhaltung oder Konstanz der Energie, wonach niemals „Kraft verloren geht", sondern immer nur Umwandlung aus einer Form in die andere unter Einhaltung bestimmter Gleichwertigkeits- oder Äquivalentverhältnisse stattfindet, auch als den ersten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie. Aus der Betrachtung der Verhältnisse, wie sie z. B. bei der Arbeitsleistung durch die Ausdehnung erwärmter Gase und bei der Wärmeerzeugung bei ihrer Zusammendrückung vorliegen, worauf hier im einzelnen nicht eingegangen werden kann, hat sich der sogenannte zweite Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie ergeben, nach welchem Wärme nur dann in mechanische Arbeit verwandelt werden kann, wenn gleichzeitig „Wärme von einem wärmeren auf einen kälteren Körper übergeht". Damit ist natürlich ausgesprochen, daß immer nur ein Teil der z. B. bei einem Wärmemotor insgesamt erzeugten Wärme in Arbeit umgewandelt werden kann. Die Frage, wieviel das ist, hat für die Motorentechnik (s. unten) und verbunden mit der Frage, inwieweit der lebende Organismus, resp. der Muskel ein Wärmemotor ist, auch für unser Thema die allergrößte Bedeutung[1]).

Wir sind hiermit, bevor wir auf weitere Energieformen und -umwandlungen eingehen können, genötigt, daran zu erinnern, wie wir uns heutzutage das Wesen der Wärme vorzustellen haben. Es handelt sich, wenn etwa bei Stoß (Heißwerden eines auftreffenden Geschosses), Reibung (Heißlaufen von Achsen o. ä.) Arbeit in Wärme verwandelt wird, darum, daß aus sichtbarer Bewegung von Körpern als ganzen unsichtbare Bewegung der Teilchen (Molekeln) entsteht, aus welchen wir sie zusammengesetzt denken. Als solche schwingende Bewegung der Molekeln in gewisser Häufigkeit wird ja die Wärme aufgefaßt, seitdem man davon abgekommen ist, in ihr einen gewichtlosen Stoff zu sehen. In solche Bewegung können nun die Molekeln geraten, wenn eine Vereinigung oder Trennung, oder eventuell beides, je nachdem, stattgefunden hat zwischen den Atomen, d. h. unteilbaren kleinsten Teilchen, aus welchen die Chemie sie zusammengesetzt denkt. Daß bei chemischen Prozessen „Wärme frei werden", d. h. Bewegung der Molekeln verstärkt werden kann, ist allbekannt, so bei

1) Näheres über die theoretische Seite dieser Fragen findet der Leser in: R. Blochmann, Luft, Wasser, Licht und Wärme (AMuG Bd. 5); R. Börnstein, Die Lehre von der Wärme (AMuG Bd. 172).

der Verbrennung der Brennstoffe, d. h. ihrer Verbindung mit Sauerstoff, bei der Bindung von Basen und Säuren zu Salz usw. Es gibt freilich auch chemische Prozesse, bei welchen die Molekularbewegung vermindert, „Wärme gebunden" wird, wie man zu sagen pflegt; man nennt erstere exothermische (weil die Wärme nach außen heraus geht), letztere endothermische (weil die Wärme gewissermaßen nach innen geht). Exothermisch verlaufen z. B. alle chemischen Vorgänge, welche in Oxydation, d. h. in der Verbindung von Sauerstoff mit Elementen bestehen, zu denen dieser besonders große chemische Verwandtschaft besitzt, insbesondere also mit dem Wasserstoff und dem Kohlenstoff; wir bezeichnen letztere geradezu als Verbrennungsprozesse, nachdem die Verbrennung der „brennbaren" Körper, d. h. ihre Verbindung mit Sauerstoff unter starker Wärmeentwicklung und zumeist gleichzeitiger Entsendung von Lichtstrahlen verläuft. In allen Wärmemotoren ist es denn auch die bei Verbrennungsprozessen als exothermisch verlaufenden chemischen Vorgängen freiwerdende Wärme, die (natürlich teilweise, s. oben) in mechanische Arbeit verwandelt wird, und zwar meist auf dem Wege, daß Gase durch die ihnen mitgeteilte Wärme sich ausdehnen („expandieren") und einen beweglichen Maschinenteil verschieben. Das expandierende Gas kann atmosphärische Luft sein, welche durch die bei der Verbrennung des Heizmaterials entwickelte Wärme erhitzt wird (Heißluftmaschine) oder Wasserdampf, welcher aus flüssigem Wasser durch die diesem mitgeteilte Heizwärme entsteht (Dampfmaschine), oder endlich können es die gasförmigen Verbrennungsprodukte des Heizmaterials selbst sein, welche bei dessen schneller Verbrennung entstehen (Explosionsmotoren; hier wird das Brennmaterial zweckmäßig selbst vorher in Gasform gebracht, Leuchtgas, Azetylen, Benzin, Benzol, Alkoholdampf, und mit Luft gemischt). Der bewegliche Maschinenteil war bereits bei der allerältesten Dampfmaschine, dem Heronsball des Altertums oder der Äolipile, derart angeordnet, daß er den durch Wasserkraft angetriebenen Mühlrädern ähnlich, sofort in rotierende Bewegung versetzt wird, was nach dem Prinzip des Rückstoßes erfolgt. Dieses Prinzip der Äolipile und des Segnerschen Rückstoß-Wasserrades, das in unserer Zeit zur Ausnutzung großer, wenn auch gefällarmer Wasserkräfte in größtem Maßstabe angewendet wird in Gestalt der Wasserturbinen, beginnt neuerdings auch bei der Verwertung der Dampfkraft zu Ehren zu gelangen in Gestalt der modernen sehr vollkommenen Dampfturbinen, welche

zum Betrieb von Dampfschiffen, von dynamoelektrischen Maschinen u. a. m. sich vielfach der Kolbendampfmaschine überlegen erweisen. Bei dieser, der klassischen Dampfmaschine, ebenso wie bei deren Konkurrenten, soweit sie Wärmemotoren sind, ist der durch das expandierende Gas bewegte Maschinenteil ein *Kolben, der sich in einem hohlen Zylinder verschiebt*. Es geschieht diese Verschiebung um einen annähernd der Zylinderlänge entsprechenden Weg, den „Hub" des Kolbens (der Name stammt aus der Zeit, da man nur den senkrechtstehenden Dampfzylinder kannte, in welchem der Kolben durch den Dampf gehoben wird) und es wird durch passende Einrichtung dafür gesorgt, daß der Kolben denselben Weg zurückgehen und wieder von neuem durchlaufen kann usw. Es resultiert also eine *geradlinig hin und hergehende Bewegung*, wie sie für einzelne technische oder industrielle Zwecke, wie z. B. das Heben von Wasser durch ein Pumpwerk, den Betrieb eines Hammers oder einer Ramme usw. zwar direkt verwendbar ist; weitaus in den meisten Fällen indessen zieht man vor, die hin und hergehende Bewegung durch die als *Kurbelgetriebe* bekannte Vorrichtung, bestehend aus der hin und hergehenden Kolbenstange oder Schubstange, der mit ihr gelenkig verbundenen („Kreuzkopf" in Geradeführung) Kurbel- oder Pleuelstange, welche an der mit einer drehbaren Welle verbundenen Kurbel angreift, in eine Dreh- oder rotierende Bewegung umzuwandeln[1]). Indem sich so auch die Räder eines Wagens antreiben lassen, ist das für die Ortsbewegung mit größerer Geschwindigkeit resp. bei größeren Massen, als sie von Last- und Zugtieren bewältigt werden können, allgemein angewendete technische Prinzip des Kraftwagens mit Wärmemotor (Lokomotive, Automobil usw.) gegeben. Ja es ist dieses Prinzip beim Fahrrade durch den Menschen dafür nutzbar gemacht worden, daß auch die Muskelbewegung in eine rotierende Bewegung übergeführt und so zu einer schnelleren und wirtschaftlicheren Ortsbewegung ausgenutzt werden kann, als dies bei ihrer natürlichen Anordnung der Fall ist. Denn die Muskelzusammenziehung, die Grundlage der tierischen Lokomotion, erzielt im wesentlichen, wie wir jetzt sehen werden, eine hin- und hergehende Bewegung.

1) Näheres findet der Leser in: R. *Vater*, Über Wärmekraftmaschinen (AMuG Bd. 21 und 86).

Zweiter Abschnitt.

Die allgemeine Physiologie der Muskeln. Das Wesen der Muskelzusammenziehung. Der Muskel ist keine Wärmekraftmaschine. Die Bedeutung der Oxydationsvorgänge bei der Muskeltätigkeit.

Die Bewegungswerkzeuge oder Kraftmaschinen des tierischen und menschlichen Organismus sind die Muskeln. Es gibt deren verschiedener Art. Was wir beim Schlächter als Fleisch der Schlachttiere zu sehen bekommen, ist die Substanz der äußeren, der Bewegung des Körpers dienenden Muskeln, die wir Skelettmuskeln nennen, weil sie als bewegende Kräfte an den Knochen, den Teilen des Knochengerüstes oder Skeletts angreifen, welche, gelenkig miteinander verbunden, die Hebel oder Bewegungselemente (kinematische Elemente im Sinne der Mechanik) darstellen für die lebendige Maschine, die der Organismus darstellt, und dessen stützende Grundlage und die Weichteile schützende Hülle die Knochen zugleich bilden. Die Skelettmuskeln nennen wir auch willkürliche Muskeln, weil ihre Tätigkeit allein unserem Willen unterworfen ist; dagegen sind im Inneren des Organismus, insbesondere in der Wand der schlauch- und röhrenförmigen Eingeweide Gebilde vorhanden, die wir als glatte Muskeln bezeichnen, im Gegensatz zu der Bezeichnung der Skelettmuskeln als quergestreifte. Die Tätigkeit der glatten Muskeln vollzieht sich ohne Mitwirkung unseres Willens, und meist ohne daß wir von ihr Kenntnis haben. Das letztere gilt im allgemeinen auch für die Muskelsubstanz des Herzens, obschon sie quergestreift ist. Die Bezeichnungen glatt und quergestreift beziehen sich auf das Aussehen der Muskelsubstanz unter dem Mikroskop bei starker Vergrößerung. Wie jedes tierische Gewebe, besteht auch die Muskelsubstanz aus Elementen, welche bei der glatten Muskulatur ihren ursprünglichen Charakter als tierische Zellen am vollständigsten bewahrt haben; man unterscheidet den Zellkern und das gleichmäßig gekörnte Protoplasma oder den Zelleib wie bei jeder anderen Zelle, so auch bei der Muskelzelle oder „glatten Muskelfaser", welche Bezeichnung schon ausdrückt, daß es sich um ein Gebilde von bedeutender Länge und verhältnismäßig geringer Querausdehnung handelt. Noch mehr gilt dies für die quergestreiften Muskelfasern, lange und mikroskopisch dünne Gebilde, welche sich zu Bündeln gruppieren, durch deren Zusammentreten die rote Masse

des Muskelfleisches, die Hauptmasse der Organe, zustande kommt, die wir eben als einzelne Skelettmuskeln vor uns sehen, wie etwa den berühmten zweiköpfigen Beugemuskel des Armes oder musculus biceps. Wir unterscheiden an einem solchen den aus den Muskelfaserbündeln bestehenden Muskelbauch von den Sehnen, strang- oder hautartigen Gebilden aus Bindegewebe, durch welche die eigentliche Muskelsubstanz mit den Knochen verbunden ist und bei ihrer Tätigkeit an ihnen ziehen kann (Ursprungs- und Ansatzsehne).

Jede Muskelfaser, dadurch auch die aus solchen bestehenden Bündel zeigen, zerzupft und bei durchfallendem Licht und genügender Vergrößerung unter dem Mikroskop betrachtet, das Bild der Querstreifung, d. h. abwechselnd helleren und dunkleren Schichtung. Dieses Bild kommt auch den allerfeinsten Fäserchen (Muskelfibrillen) zu, in welche die einzelne Muskelfaser durch gewisse chemische Einwirkungen zerfällt. Sie ist eingehüllt in eine zarte Hülle, das Sarkolemm, welches wie ein Schlauch die Fibrillen und eine sie umspülende Flüssigkeit umgeben soll. Die Anwendung eines besonderen optischen Hilfsmittels, des Polarisationsapparates, belehrt uns, daß jede einzelne Muskelfibrille und dementsprechend die ganze Faser aufgebaut ist aus abwechselnd das Licht doppelt brechenden und einfach brechenden Schichten und daß auf dieser Anordnung das quergestreifte Aussehen beruht. Wir werden sehen, daß mit dieser Anordnung das Wesen der Muskeltätigkeit vermutlich aufs innigste verknüpft ist. Auch das Herz ist ein quergestreifter Muskel, obwohl seine Tätigkeit im allgemeinen der Willkür entzogen ist und seine einzelnen Elemente den allgemeinen Zellcharakter weitgehend bewahrt haben; es sind länglich rechteckige Gebilde, die durch sogenannte Verbindungsbrücken und ohne weiteres nicht sichtbare Grenzlinien miteinander derart verbunden sind, daß das Herzfleisch ein funktionell einheitliches Ganze darzustellen scheint, ebenso wie es bei der glatten Muskulatur der Fall ist, während die Fasern der quergestreiften Muskeln voneinander in weitgehendem Maße unabhängig sind. Auch in sonstigen Eigenschaften steht der Herzmuskel in der Mitte zwischen quergestreifter und glatter Muskulatur[1]).

1) Näheres über die Anatomie der Muskeln findet der Leser in: Bardeleben, Anatomie des Muskel- und des Gefäßsystems (AlluG Bd. 203). Allgemeine physiologische Fragen sind behandelt in: Sachs, Bau und Tätigkeit des menschlichen Körpers (AlluG Bd. 32) und Lipschütz, Physiologie des Menschen (AlluG Bd. 527 bis 530).

Aufgabe jeder Muskelsubstanz ist es, Bewegung hervorzurufen durch Annäherung zweier Punkte aneinander. Dies erreicht der Muskel dadurch, daß er, in Tätigkeit versetzt, sich zusammenzieht (kontrahiert). Bei der Zusammenziehung wird er kürzer und dicker; sein Volumen verändert sich, wie man durch besondere Versuchsanordnungen nachgewiesen hat, dabei nicht. Die Zusammenziehung des Muskels erfolgt auf einen Reiz hin, d. h. im allgemeinen Sinne der Physiologie einen äußeren Anstoß, welcher eine Lebenserscheinung hervorruft, z. B. einen Schlag mit einem Hammer (mechanischer Reiz), eine chemische Einwirkung, einen elektrischen Reiz usw. Wenn der Reiz zur Tätigkeit vorüber ist, erschlafft der Muskel, d. h. er kehrt zu seiner ursprünglichen Länge und Dicke zurück. Während aber die Zusammenziehung durch eine besondere, auf den Reiz hin sich äußernde Kraft hervorgerufen wird, erfolgt die Erschlaffung rein passiv durch das Nachlassen und schließliche Aufhören dieser verkürzenden Kraft. Auf seine ursprüngliche Länge wird der Muskel erst durch äußere Kräfte, physiologisch durch die Last eines Körperteiles oder die Verkürzung entgegenwirkender Muskeln, zurückgebracht.

Bei seiner Zusammenziehung leistet der Muskel mechanische Arbeit. Die Messung derselben und die nähere Erforschung der dabei stattfindenden Vorgänge ist möglich geworden, seit Helmholtz im Jahre 1848 es zuerst unternommen hat, den zeitlichen Verlauf der Muskelverkürzung sich selbst aufzeichnen zu lassen (graphisch zu registrieren). Eine dazu dienende Vorrichtung nennt man ein Myographion (Muskelschreiber) (Fig. 1); sie besteht im wesentlichen aus einem einarmigen Hebel, dessen Drehpunkt das eine Ende bildet, während das andere Ende als Schreibspitze ausgebildet ist, welche auf einer vorbeibewegten Schreibfläche (ebene Tafel oder rotie-

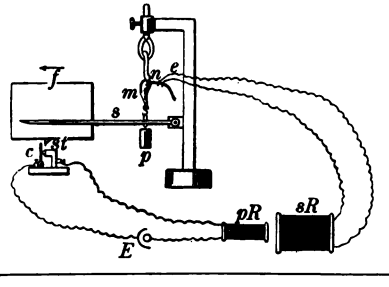


Fig. 1. Schema eines Myographion. *m* Muskel; *n* Nerv; *s* Schreibhebel; *p* Gewicht; *f* Schreibfläche; *st* Kontaktstift; *c* Kontakt; *E* Element; *pR* primäre Rolle; *sR* sekundäre Rolle; *e* Elektroden.

rende Walze) die Bewegung in vergrößertem Maße in Kurvenform aufschreibt. Ein der Achse näherer Punkt ist mit dem einen sehnigen Ende des Muskels verbunden; benutzt man etwa einen ausgeschnittenen Froschmuskel (die Organe kaltblütiger Tiere bewahren ihre Funktionsfähigkeit nach dem Tode und in ausgeschnittenem Zustande stunden- bis tagelang), so kann dieser an seinem oberen Ende mit Hilfe eines daran belassenen Knochenstückes in einer Stativklemme aufgehängt werden und der Schreibhebel mit seinem unteren Ende durch ein Häkchen verbunden werden: damit er meßbare Arbeit leiste, hängt man ein passendes Gewicht an dieser Stelle unten an den Hebel oder noch besser vermittelst eines um die Achse geschlungenen Fadens an einem ganz kurzen Hebelarme auf. Der Muskel wird am besten elektrisch gereizt, direkt oder durch Vermittlung des mit ihm im Zusammenhang gelassenen motorischen Nerven, welcher auf zwei Drahtenden aufgelegt wird, die etwa die Pole der sekundären Rolle eines Induktionsapparates bilden. Wenn durch Schließung oder Öffnung des primären Stromes dem Nervmuskelpräparat auf diese Weise ein sehr kurz dauernder Induktionsstrom (elektrischer Schlag) zugeführt wird, so äußert sich die Tätigkeit des Muskels in einer sehr schnell stattfindenden Zusammenziehung und sofort darauf folgenden Erschlaffung. Man bezeichnet diesen Vorgang als eine Muskelzuckung; der graphische Ausdruck ihres Ablaufs ist die Zuckungskurve oder das Myogramm (Fig. 2). Durch eine besondere selbstreizende Kontaktvorrichtung läßt sich der Augenblick der Reizung auf dieser Kurve markieren; desgleichen die Zeitdauer, welcher jedes Stück der Vorwärtsbewegung der Schreibfläche entsprochen hat, z. B. durch Zeichnenlassen der Schwingungen einer Stimmgabel, die eine Wellenlinie liefert, von der etwa jede Zacke einer hundertstel Sekunde entspricht. Man erkennt an einer solchen Zuckungskurve, daß die Zusammenziehung des Muskels nicht sofort beginnt, nachdem ihn der Reiz getroffen hat, sondern es vergeht erst eine gewisse Zeit, bis die verkürzenden Kräfte in allen Fasern einen derartigen Grad erreicht haben, und die durch innere und äußere Reibungswirkungen gesetzten Widerstände soweit überwunden

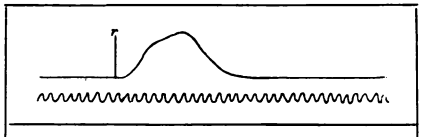


Fig. 2. Zuckungskurve des Muskels.
r Reizmoment.

sind, daß nach außen sichtbare Bewegung zustande kommt. Man nennt diese Zeit, beim quergestreiften Muskel der höheren Tiere meist weniger als eine hundertstel Sekunde, die Periode der latenten Reizung, kurz Latenzdauer. Nach ihrer Beendigung zieht sich der Muskel zusammen, d. h. seine Länge vermindert sich bis zu einem Maximum (z. B. die Hälfte oder ein Drittel der ursprünglichen Länge), und darauf findet wieder Verlängerung bis zu dieser (s. jedoch oben) statt: aufsteigender Schenkel, Gipfel, absteigender Schenkel des Myogramms. Jede von beiden Phasen, wie auch die gesamte Zuckungsdauer beträgt beim quergestreiften Muskel normalerweise nur einen Bruchteil einer Sekunde. Sie ist abhängig von der Tierart und der Temperatur: Warmblütermuskeln zucken schneller als Kaltblütermuskeln; beim gleichen Tier gibt es flinkere und trägere Muskelfasern; die Zuckungsdauer nimmt zu mit der Ermüdung (s. unten).

Das Maß der maximalen Verkürzung, die größte Höhe der Zuckungskurve nennt man auch die Hubhöhe, weil sie (durch den Hebel in vergrößertem Maßstabe) anzeigt, wie hoch das den Muskel belastende Gewicht gehoben worden ist. Das Produkt aus Last und Hubhöhe $p \times h$ gibt auch hier wieder die geleistete Arbeit, etwa in Grammzentimetern, und zwar die Arbeit, welche während der Phase der Zusammenziehung geleistet wurde. Läßt man während der Erschlaffung dasselbe Gewicht am Muskel ziehen, so wird durch die Schwerkraft jene Arbeit ganz in Wärme zurückverwandelt, und die mechanische Endleistung ist gleich Null. Man hat Sperrvorrichtungen angegeben, durch welche das Gewicht jedesmal auf der Höhe der Zuckung abgehängt und nach der Erschlaffung von neuem angehängt wird, so daß es durch jede Zuckung um ein Stück höher gehoben wird (Fig. 3);

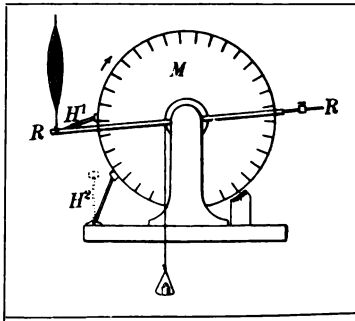


Fig. 3.
„Arbeitssammler" von A. Fick.
M Rad, welches bei jeder Zuckung des Muskels durch den Rahmen *RR* und den Sperrhaken H^1 um ein Stück in der Pfeilrichtung gedreht wird. Der Sperrhaken H^2 verhindert das Zurückfallen des Gewichts. Letzteres findet aber bei der punktierten Stellung von H^2 statt.

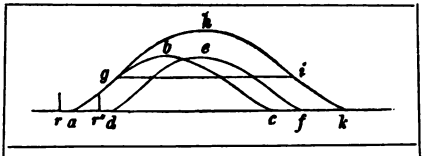


Fig. 4. Superposition von Zuckungen. Reiz r allein würde Zuckung abc, Reiz r^1 allein Zuckung def bewirken. Beide zusammen ergeben die Zusammenziehungskurve $agkik$.

physiologisch findet etwas Ähnliches statt, wenn wir eine Treppe oder einen steilen Berg ersteigen: Bei jedem Schritt wird das Gewicht des Körpers auf die nächste Stufe gehoben, hier festgehalten und so fort.

Bei der natürlichen Zusammenziehung der Muskeln des Menschen und der Tiere, bei welcher wirkliche Arbeit geleistet, der Körper vorwärtsbewegt oder emporgehoben wird, findet niemals eine Zusammenziehung von so kurzer Dauer statt, wie es die durch elektrischen Schlag erzeugte Einzelzuckung ist. Es ist vielmehr eine Reihe aufeinanderfolgender Reize, welche vom Zentralnervensystem ausgehend, durch Vermittlung des motorischen Nerven den Muskel trifft. Helmholtz hat gezeigt, daß, wenn ein zweiter Reiz das Nervmuskelpräparat kurze Zeit nach einem ersten trifft, wo der Zuckungsvorgang noch nicht abgelaufen ist, eine weitere Verkürzung eintritt, derart, daß Hubhöhen erreicht werden, wie sie auch durch den stärksten Einzelreiz nicht erhalten werden (Fig. 4); auch ein dritter, vierter usw. Reiz können ähnlich wirken, welchen Vorgang man als Summierung der Zuckungen bezeichnet. Selbstverständlich findet sie schließlich ihre Grenzen, und wenn während längerer Zeit Reize in regelmäßigen Zwischenräumen den Muskel treffen, so hängt es von der Länge der Zwischenräume, der Häufigkeit der Reize ab, was geschieht. Sind sie ziemlich selten, so daß auf jeden Verstärkung und Verminderung der Zusammenziehung erfolgen kann, so wird myographisch eine Kurve erhalten, bei welcher auf den summatorischen Anstieg Bewegung um einen mittleren Verkürzungsgrad im Tempo der Reize stattfindet (Zitterkurve, unvollständiger Tetanus). Ist die Zahl der Reize in der Zeiteinheit aber größer, so wird nach Erreichung der größten Verkürzung eine wagerechte gerade Linie beschrieben, welche anzeigt, daß der Muskel in einem anscheinenden Zustande der dauernden Zusammenziehung verharrt (vollständiger Tetanus) (Fig. 5).

Mit Aufhören der Reizung erschlafft der Muskel und kehrt zu seiner Ruhelage zurück. Daß es sich bei vollständigem Tetanus um einen Zu-

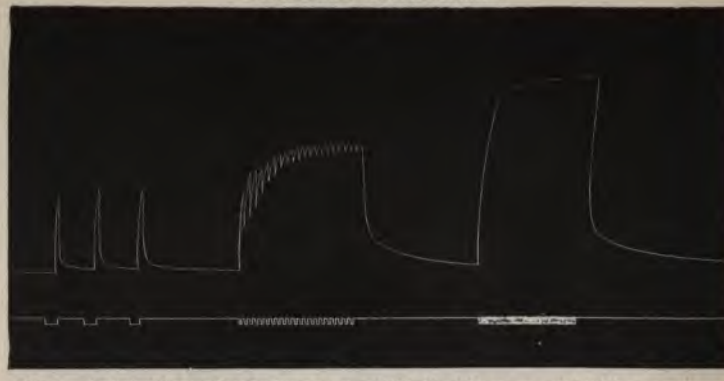


Fig. 5. Nacheinander: Einzelzuckungen, unvollständiger Tetanus, vollständiger Tetanus.

stand handelt, der nur scheinbar gleichmäßiger Natur ist und nach außen die mechanische Wirkung einer dauernden Zusammenziehung hat, daß in Wirklichkeit die inneren Vorgänge im Muskel nicht gleichmäßig andauern, sondern nach jedem Reiz auf- und abschwanken, das kann an mehreren Erscheinungen erkannt werden. So kann man mit einem Hörrohr an jedem Muskel während der Zusammenziehung einen Schall hören, der bei künstlicher gleichmäßiger Reizung einem Tone entspricht, dessen Schwingungszahl der Zahl der angewendeten Reize gleich ist; ferner erleidet auf jeden Reiz hin der Muskel Veränderungen seines elektrischen Zustandes, welche sich durch geeignete Apparate verzeichnen lassen und gleichfalls die Diskontinuität der inneren Vorgänge beweisen. *Jede natürliche, willkürliche oder reflektorische Muskelzusammenziehung*, und wäre sie auch noch so kurzer Dauer, wie die schnellsten Fingerbewegungen eines Klavierspielers, ist *tetanischer Natur*, d. h. es tragen zu ihrer Entstehung mehrere aufeinanderfolgende Reize mit bei, die im Zentralnervensystem entstehen und durch die motorischen Nerven den Muskeln zugeführt werden[1]). Man hat darüber gestritten, welches die Zahl der Reize ist, die bei natürlicher Funktion der Muskel in der Sekunde erhält; während man früher annahm, daß dies bei den meisten Tieren und den Menschen eine niedrige Zahl — 10, 20 — sei, ist jetzt nachgewiesen, daß die Frequenz jedenfalls viel höher ist, nämlich 50—100 in der Sekunde.

1) Vorkommende Ausnahmen interessieren nur den Arzt.

Die quergestreiften Muskeln der Insekten müssen sich allerdings noch viel häufiger und schneller zusammenziehen, um die schnellen Flügelbewegungen, die man hier beobachten kann, zuwege zu bringen.

Der Grad der Zusammenziehung eines Muskels, die Hubhöhe, ist sowohl bei der Einzelzuckung, als auch beim Tetanus abhängig von der Stärke der Reizung, von der Belastung, und von dem physiologischen Zustande des Muskels. Ganz schwache Reize bewirken keine Zusammenziehung (sie bleiben unterhalb der Reizschwelle); bei Steigerung der Reizstärke wächst die Hubhöhe von ebenmerklicher Zusammenziehung bis zu einem Maximum, welches auch bei weiterer Steigerung der Reizstärke nicht überschritten wird. Wenn bei einer bestimmten Reizstärke die Belastung gesteigert wird, so wird die Hubhöhe immer kleiner, bis schließlich die Last nicht mehr gehoben, der Widerstand nicht mehr überwunden werden kann. Von dieser Tatsache kann man Gebrauch machen, um die Leistungsfähigkeit eines Muskels zu messen. Eine Kraft wird im allgemeinen gemessen durch eine Kraft von bekannter Größe, die ihr gerade das Gleichgewicht hält. Die „absolute" Kraft eines Muskels wird so gemessen durch das Gewicht, welches derselbe bei maximaler tetanischer Reizung und steigender Belastung eben nicht mehr heben kann. Dabei muß freilich eine noch nicht besprochene Eigenschaft der Muskelsubstanz wohl beachtet werden, nämlich die Elastizität. Ein Körper, der durch eine von außen wirkende Kraft deformiert (gedehnt, zusammengedrückt) wird und nach Aufhören der äußeren Kraft seine ursprüngliche Gestalt wieder annimmt, ist elastisch, so z. B. Kautschuk. Ebenso verhält sich auch der Muskel. Ein ausgeschnittener Muskel, an seinem oberen Ende aufgehängt, wird gedehnt, verlängert, wenn er durch Anhängen eines Gewichtes belastet wird. Hängt man das Gewicht ab, so zieht er sich, wie ein Kautschukstrang, auf seine frühere Länge zusammen. Die dabei wirksame Kraft, die elastische Kraft, muß wohl unterschieden werden von der Verkürzungskraft, welche auf den Reiz hin durch die physiologischen Vorgänge im Muskel entsteht. Bei der Funktion der Muskeln im Tierkörper wirken freilich beide Kräfte zusammen. was für das Zustandekommen der Bewegungen und Stellungen des Körpers von größter Bedeutung sein kann, wie wir noch sehen werden; bei der Messung der absoluten Kraft indessen muß man die elastische Kraft ausschalten dadurch, daß man das angehängte Gewicht durch eine Unterlage so unterstützt, daß der Muskel, solange er ruht, da-

durch nicht gedehnt wird, vielmehr erst in dem Augenblicke, wo er auf die Reizung hin anfängt sich zusammenzuziehen, es von der Unterlage abhebt. Die absolute Kraft des Muskels hängt von Art und Zahl seiner Fasern ab, somit von der Größe seines Querschnitts senkrecht zur Faserrichtung. Kurze, dicke Muskeln sind kräftiger als lange dünne. Nachdem schon bei ausgeschnittenen Froschmuskeln Werte von etwa 1 kg auf den Quadratzentimeter Querschnitt gefunden wurden, hat man die Kraft menschlicher Muskeln als unter Umständen noch höher bestimmt, so z. B. beim Wadenmuskel, wenn der Mensch sich auf die Zehen erhebt (ein früher mehrfach umstrittenes Problem), oder bei den besonders kräftigen Kaumuskeln.

Weniger exakt ist die Prüfung der „Muskelkraft", wie sie vielfach mit verhältnismäßig einfachen Vorrichtungen vorgenommen zu werden pflegt, die ja alle von der eben gegebenen Begriffsbestimmung ausgehen, daß eine Kraft gemessen wird durch eine ihr gleiche Gegenkraft, die aber mit naheliegenden Fehlerquellen behaftet sind. Hierher gehören die Kraftmesser, die man auf Messen und Jahrmärkten noch heute findet, etwa diejenigen, bei denen durch Schlagen mit einem Hammer auf eine Unterlage vermittelst eines Hebelwerkes ein Laufgewicht längs einer Führungsstange in die Höhe geworfen wird. Diese Art des „Wurfes träger Massen" ist ein erst durch verwickelte Rechnung festzustellender Vorgang der Arbeitsleistung[1]). Zweckmäßiger sind Vorrichtungen, bei denen eine starke Feder durch Muskelkraft zusammengedrückt wird und der Grad der Zusammendrückung etwa durch einen Zeiger an einer Gradeinteilung abgelesen werden kann: hierher gehört das auch vielfach vom Arzt als Prüfungsmittel für die Kraft der Vorderarm- und Handmuskulatur benutzte Dynamometer nach Collin (Fig. 6), welches mit der Hand zusammengedrückt wird[2]). Es darf aber nicht vergessen werden, daß es sich hierbei immer nur um die Messung der maximalen Anstrengung handeln kann, zu welcher ein Muskel oder eine Muskelgruppe während kürzester Zeit

1) Er ist auch am ausgeschnittenen Froschmuskel mit myographischen Vorrichtungen studiert worden (Wurfzuckungen), ebenso wie die beiden extremen Fälle, wo der Muskel sich frei zusammenziehen kann und ein Gewicht hebt, ohne daß seine eigene Spannung wesentlich dadurch beeinflußt wird („isotonisches Verfahren"), und wo der Muskel durch Zug an einer sehr starken Feder diese und sich stark anspannt, aber kaum verkürzt (isometrisches Verfahren).

2) Wesentlich mit dem „isometrischen Verfahren" (s. oben) identisch.

fähig ist, nicht um Leistungsmessung im Sinne der Leistung mechanischer Arbeit während einer längeren Zeit, also nach Meterkilogrammen in der Sekunde, resp. Teilen einer Pferdestärke, wie das oben auseinandergesetzt worden ist. Der ausdrückliche Hinweis auf diesen Unterschied erscheint notwendig, weil in weiteren Kreisen noch falsche Vorstellungen über „Kraft" und „Arbeitsleistung" verbreitet sind.

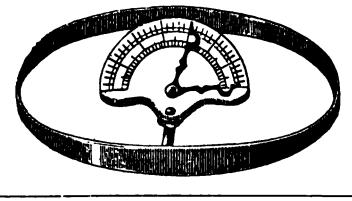


Fig. 6. Dynamometer.

Es ist eine Erfahrung des täglichen Lebens, daß der lebende Körper beliebige Leistungen nicht andauernd in gleicher Weise zu vollbringen vermag, daß vielmehr bei derartigen Anforderungen die Leistungsfähigkeit mit der Zeit nachläßt und schließlich ganz aufhört. Wir wissen, daß mit diesem Vorgang Gefühle des Unbehagens verbunden sind, welche wir im gewöhnlichen subjektiven Sinne als Gefühle der Ermüdung bezeichnen (s. oben S. 2). Objektiv wird das Nachlassen der Leistungsfähigkeit eines Organes als Ermüdung, ihr Aufhören als Erschöpfung bezeichnet. Die Vorgänge bei der Muskelermüdung lassen sich mit den oben beschriebenen graphischen Methoden genauer untersuchen. So stellt sich heraus, daß etwa beim ausgeschnittenen Froschmuskel, der jede Sekunde durch einen maximalen Induktionsschlag gereizt wird, zuerst Zunahme der Hubhöhe stattfindet (Erscheinung der sogenannten Treppe), die dann lange Zeit gleich bleibt; mit Einsetzen der Ermüdung nimmt sie allmählich ab, bis schließlich der erschöpfte Muskel sich gar nicht mehr zusammenzieht. Dabei verändert sich auch der Verlauf der einzelnen Zuckung: sie dauert länger, das Maximum der Zusammenziehung wird später erreicht, und ganz besonders wird die Erschlaffungsperiode in die Länge gezogen, die Erschlaffung wird immer unvollständiger, bis schließlich der Muskel, wenn er sich der Erschöpfung nähert, einen dauernden „Verkürzungsrückstand" behält. Wird in der Reizung eine Pause gemacht, so stellt sich die Leistungsfähigkeit des Muskels mehr oder weniger vollständig wieder her; man spricht hier ebenso wie bei anderen Organen und dem ganzen Körper von Erholung und Erholungspausen. Besonders stark und schnell ermüdend wirken tetanische Reizungen, wie sie

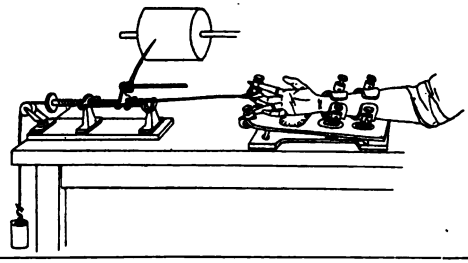


Fig. 7. Ergograph.

der natürlichen Innervation entsprechen. Zur Untersuchung der Ermüdung der Muskeln und des Nervensystems beim lebenden Menschen hat der verstorbene italienische Physiologe Mosso einen Apparat erdacht, der als Ergograph bezeichnet wird (Fig. 7). Es wird dabei, während der betreffende Arm und die übrigen Teile der Hand festgestellt sind, durch Zusammenziehung eines Fingers ein Gewicht gehoben und die Hubhöhe bei den aufeinanderfolgenden Zusammenziehungen auf einer langsam umlaufenden Schreibtrommel aufgezeichnet. Die Zusammenziehungen werden willkürlich ausgeführt oder durch elektrische Reizung der betreffenden Armnerven in entsprechenden Zwischenräumen. An den sehr charakteristischen Ermüdungskurven (Ergogrammen) (Fig. 8) lassen sich die Einflüsse der verschiedensten Bedingungen, so z. B. geistige Ermüdung, verschiedene Ernährungsweise usw. auf die muskuläre Arbeitsleistung untersuchen.

Die Erholung eines Froschmuskels ist vollständiger und die Ermüdung erfolgt langsamer, wenn er mit dem übrigen Körper im Zusammenhang ist und durch den Kreislauf mit Blut versorgt wird, als wenn er aus dem Organismus ausgeschnitten und überlebend gereizt wird. Je besser ein Tier oder Mensch ernährt wird, desto größer ist im allgemeinen seine Zähigkeit, Muskelarbeit zu leisten. Schon diese Erfahrungen weisen darauf hin, daß die Grundlage der Muskelzusammenziehung chemische Vorgänge sein müssen, bei denen Stoffe verbraucht, verändert, in einen Zustand übergeführt werden, in dem sie nicht mehr brauchbar sind und als Schlacken aus dem Körper entfernt werden müssen. Der Blutkreislauf besorgt unter normalen Verhältnissen sowohl die Zufuhr neuen, aus der eingenommenen Nahrung stammenden Materials für diese chemischen Umsatzvorgänge, als auch die Abfuhr der bei ihm entstehenden Schlacken. Während länger dauernder, angestrengter Tätigkeit kommt es zu stärkerer Verarmung

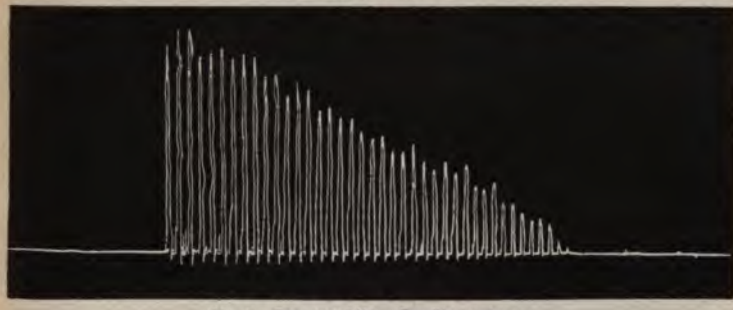


Fig. 8. Ergographische Ermüdungskurve.

an Umsatzmaterial und zu größerer Anhäufung der Schlacken im Muskel. Die Erholungspausen ermöglichen die Ausscheidung dieser letzteren und die Zufuhr neuen Umsatzmaterials in um so ausgiebigerer Weise, je länger sie dauern. Je länger die Arbeitsperiode, um so länger muß die darauffolgende Ruhepause sein, um völlige Erholung zu bewirken; für kürzere Arbeitsperioden genügen auch kürzere Ruhepausen.

Als besonders wichtig erwies sich so in den von Mosso und seinen Mitarbeitern angestellten, oben erwähnten ergographischen Untersuchungen die Häufigkeit der Muskelzusammenziehung bei gleicher Größe des gehobenen Gewichtes: wurde z. B. in einem Falle ein Gewicht von 6 kg jede Sekunde einmal gehoben, so war die Versuchsperson bereits nach 15 Zusammenziehungen unfähig, das Gewicht zu bewegen, die betreffende Muskelgruppe also erschöpft. Nach dem Ergebnis der Messung der betreffenden Hubhöhen war dabei im ganzen eine Arbeit von nur 0,912 mkg geleistet worden. Wurde zwischen jeder Zusammenziehung eine Pause von 2 Sekunden gelassen, so konnten deren 18 vollführt werden, die Gesamtarbeitsleistung stieg auf 1,08 mkg. Bei Pausen von 4 Sekunden war die Anzahl der Zusammenziehungen 31, die geleistete Arbeit 1,842 mkg. Wurde das Gewicht nur alle 10 Sekunden einmal gehoben, so kam es überhaupt nicht zu Ermüdungserscheinungen, was mit Ergebnissen von Versuchen übereinstimmt, die am blutdurchströmten Froschmuskel angestellt worden sind (s. oben). Nach einer durch große Einzelleistungen und kurze Pausen schnell erschöpfenden Arbeit ist die zur völligen Wiederholung nötige Zeit besonders lang: in den oben erwähnten ergographischen Versuchen am Menschen waren $1\frac{1}{2}$—2 Stunden dazu notwen-

dig! Es stellte sich ferner dabei heraus, daß die letzten Kontraktionen einer vollständigen Ermüdungsreihe besonders schädlich sind; gönnt man dem Muskel, wenn die Hubhöhe schon stark abgenommen hat, eine Ruhepause, so wird er sich in viel kürzerer Zeit wieder erholen, als wenn man ihn bis zur Erschöpfung erst hätte weiter arbeiten lassen. So konnten in einem Versuche mit einem Mitarbeiter Mossos 14 Stunden lang alle 30 Minuten je 15 Zusammenziehungen ausgeführt werden und die mechanische Arbeit betrug im ganzen 27 mkg, wogegen nur alle zwei Stunden bis zur Erschöpfung weiterkontrahiert werden konnte und dabei im ganzen nur 14,7 mkg geleistet wurden!

Der Herzmuskel vermag während des ganzen Lebens ohne Unterbrechung rhythmisch sich zusammenzuziehen, weil er in jeder Erschlaffungsperiode (Diastole) sich von der vorhergehenden Zusammenziehungsperiode (Systole) vollständig wieder erholt. Ein weiterer Hinweis darauf, daß der Muskeltätigkeit chemische Vorgänge zugrunde liegen, besteht darin, daß außer den mechanischen Erscheinungen auch noch elektrische Veränderungen und Freiwerden von Wärme mit ihr unzertrennlich verbunden ist. Daß bei sehr angestrengter Muskelarbeit eine meßbare Steigerung der Temperatur des ganzen Körpers mit dem Thermometer festgestellt werden kann, ist eine ältere Erfahrung. Für den ausgeschnittenen Froschmuskel hat Helmholtz durch das thermoelektrische Meßverfahren[1]) sichergestellt, daß bei seiner Zusammenziehung er wärmer wird; für den im Körper befindlichen Warmblütermuskel wurde von den Mitarbeitern Carl Ludwigs in Leipzig dieselbe Tatsache durch die Feststellung erhärtet, daß das aus dem Muskel herausströmende Venenblut wärmer ist, als das ihm zuströmende Arterienblut, und daß dieser Unterschied während der Muskelzusammenziehung größer ist, als während der Ruhe. Die Wärmeproduktion des Muskels ist dann von Heidenhain, Fick, Danilewsky, Blix und anderen Forschern genauer studiert worden. So wurde festgestellt, was nach unseren früheren Betrachtungen eigentlich selbstverständlich ist, daß nämlich die gebildete Wärmemenge größer ist, wenn man den erschlaffenden Muskel durch das ihn belastende Gewicht wieder ausdehnen läßt, als wenn man, wie früher beschrieben, das Gewicht jedesmal auf der Höhe der Zuckung abhängt, so daß der Muskel meßbare äußere Arbeit leistet; und zwar entspricht das Mehr dem

1) Siehe darüber: Börnstein, Die Lehre von der Wärme (AMuG *Bd. 172).*

Wärmeäquivalent der Fallarbeit des Gewichtes von der Hubhöhe bis zur Ausgangslänge. Wenn man einen Muskel so stark belastet, daß er die Last nicht mehr heben kann, so tritt an die Stelle der Verkürzung eine Zunahme der Spannung der ihn zusammensetzenden Teilchen. Man kann den zeitlichen Verlauf dieser Spannungsänderung aufzeichnen, wenn man das Gewicht durch eine starke Feder ersetzt, deren geringfügige Verbiegung durch die Anspannung des gereizten Muskels stark vergrößert aufgezeichnet wird (isometrisches Verfahren). Mißt man die Wärme, welche unter solchen Bedingungen im Muskel frei wird und vergleicht damit diejenige, die frei wird, wenn der Muskel äußere Arbeit leistet (etwa am Arbeitssammler von Fick), so zeigt es sich, daß die Wärmebildung im ersteren Falle größer ist als im letztgenannten. Berechnet man aber die in diesem Falle geleistete mechanische Arbeit als Wärme (indem je 425 mkg oder entsprechende Bruchteile von solchen gleich einer Kalorie gesetzt werden, s. S. 6) und addiert diesen Wert zu der direkt gemessenen Wärmemenge, so entspricht die Summe derjenigen Wärmemenge, die im Muskel frei wurde, wenn er unter sonst gleichen Bedingungen sich nicht verkürzte, sondern nur Spannungszunahme erfuhr, also keine äußere Arbeit leistete. Dadurch, daß diese Übereinstimmung mehrfach mit einer bei physiologischen Versuchen befriedigenden Genauigkeit festgestellt worden ist, wurde zugleich der Beweis geliefert, daß der erste Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie für die lebenden Gebilde ebenso streng gültig ist, wie für die leblose Natur.

Die der von dem Muskel geleisteten äußeren Arbeit gleichwertige Wärmemenge ist, das sei vorausgeschickt, stets kleiner als der Kalorienwert der direkt freigewordenen Wärme. Entsprechend dem zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie ist dies stets der Fall bei den Wärmekraftmaschinen der menschlichen Technik, in welchen Wärme von einem höher temperierten Gegenstand, z. B. dem Dampf des Dampfkessels oder dem explodierenden Gasgemisch auf einen kälteren, z. B. die Außenluft oder das Kondensatorwasser, übergeht. Da wie wir sehen werden, vieles dafür zu sprechen schien, daß auch im Muskel, wie in unseren Wärmekraftmaschinen, Verbrennung kohlen- und wasserstoffhaltiger Verbindungen stattfindet, so hat man vermutet, daß auch der Muskel eine besondere Art von Wärmekraftmaschine darstelle. Demgegenüber erschien auffällig der hohe Nutzeffekt, welcher durch die schon erwähnten wärmemessenden Ver-

suche am Muskel selbst festgestellt und neuerdings auf einem etwas anderen Wege für den ganzen tierischen und menschlichen Körper als Muskelmaschine betätigt worden ist. Man bezeichnet als Nutzeffekt oder Wirkungsgrad einer Wärmekraftmaschine das Verhältnis des Wärmewertes der erzeugten mechanischen Arbeit zu der Summe dieses Wertes und der als solche freigewordenen Wärme. Dieses Verhältnis, schon von Helmholtz für den ausgeschnittenen Froschmuskel zu ¼ gleich 25 Prozent gefunden, kann sich bis zu 50 Prozent erheben, und beträgt nach den neueren Erfahrungen der Zuntzschen Schule durchschnittlich ⅓. Demgegenüber betrug der Nutzeffekt der älteren Dampfmaschinen kaum mehr als 10 Prozent und ist erst bei ganz modernen Verbrennungsmaschinen, wie dem Dieselmotor, auf ähnliche Werte gesteigert worden, wie beim lebenden Muskel.

Gegen die Vorstellung vom Muskel als einer Wärmekraftmaschine spricht aber zunächst schon der Umstand, daß die Temperatursteigerung bei seiner Tätigkeit recht geringfügig ist, gegenüber den hohen Temperaturen in unseren Wärmemotoren: man weiß, daß mit Temperaturen wenig über 40° Leben und Funktionieren tierischer Zellen überhaupt nicht vereinbar ist. Dazu kommen Bestrebungen der Experimentalphysiologie der letzten Jahre, mit überaus empfindlichen Meßvorrichtungen etwas über den zeitlichen Ablauf der Wärmebildung bei der Muskelzuckung zu erfahren. Es kann durch die Arbeiten des Engländers V. A. Hill als erwiesen angesehen werden, daß die Wärmebildung nicht schon während des Stadiums der Zusammenziehung erfolgt, sondern im wesentlichen erst mit der Erschlaffung einsetzt. Es entspricht dies Vorstellungen über die chemischen Vorgänge bei der Muskeltätigkeit, deren Anfänge schon ziemlich weit zurückliegen.

Es war von E. du Bois-Reymond gezeigt worden, daß die während der Ruhe alkalische Reaktion der Muskelsubstanz nach kräftiger Zusammenziehung in eine saure übergeht; Helmholtz hatte gezeigt, daß bei der Muskeltätigkeit die Menge der mit Wasser ausziehbaren Stoffe abnimmt, diejenige der mit Alkohol ausziehbaren dagegen zunimmt; durch die mit immer verbesserter Methodik wiederholten Untersuchungen von Cl. Bernard, Brücke und Weiß, Külz und seinen Mitarbeitern war die Tatsache gesichert, daß das im Muskel während der Ruhe aufgespeicherte Reservekohlenhydrat (Glykogen, tierische Stärke) bei kräftiger Zusammenziehung verschwindet. Es wurde fer-

ner nachgewiesen, daß das abfließende Venenblut während der Muskeltätigkeit ärmer an Traubenzucker ist, als das zuströmende Arterienblut. Alle diese Dinge schienen allerdings darauf hinzuweisen, daß die „Quelle der Muskelkraft" in der Verbrennung, d. h. der Oxydation kohlen- und wasserstoffhaltigen Materials zu Kohlensäure und Wasser zu suchen sei. Nun fand aber Ende der sechziger Jahre des vorigen Jahrhunderts L. Hermann, daß im luftleeren Raum ein überlebender Froschmuskel, der keinen auspumpbaren Sauerstoff mehr enthält, noch kräftig sich zusammenziehen, Arbeit leisten kann. Er schloß daraus mit Recht, daß der der Muskelzusammenziehung zugrunde liegende Vorgang nicht eine einfache Oxydation sein könne, sondern ein Spaltungsprozeß sein müsse, bei welchem Kohlensäure und andere Säuren abgespalten würden, die sich im Muskel bei seiner Tätigkeit auch im luftleeren Raume anhäufen. Es hat sich, auf Grund dieser Versuche wie auch von Forschungsergebnissen Pflügers, der Ludwigschen Schule, Engelmanns und anderer die Vorstellung gebildet, daß im Muskel, wie in jeder lebenden Zelle während der Ruhe durch die Atmung aufgenommener Sauerstoff sich aufspeichere und zwar in chemischer Bindung, um dann bei der Spaltung (Dissimilation), die dem Freiwerden von Energie im Tierkörper zugrunde liegt, mit den Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen der „lebendigen Molekel" zu Kohlensäure und Wasser sich zu verbinden und auszutreten. Nun weisen immer neue Erfahrungen, die im Laufe der Zeit gemacht worden sind, darauf hin, daß für die Lebensvorgänge besonders in niederen Organismen Sauerstoff durchaus nicht nötig zu sein braucht (anaerobe Bakterien, Eingeweidewürmer), sondern erst mit der Verwickelung der Funktionen vielzelliger Lebewesen zum Bedürfnis wird: Die „Oxybiose" ist ein Sonderfall des allgemeineren „anoxybiotischen" Daseins, indem der Sauerstoff durch Oxydierung der Produkte von Spaltungsvorgängen ihre Hinwegräumung aus dem vielräumigen Aufbau des „Zellenstaates" erleichtert. So dient höchstwahrscheinlich auch im Muskel der ihm durch Atmung und Blut zugeführte Sauerstoff erst in der Erschlaffung dazu, die Produkte der Spaltungsvorgänge wegzuoxydieren, welche der Zusammenziehung und mechanischen Arbeitsleistung zugrunde liegen: Die Spaltungsprodukte (schon früher gelegentlich als Ermüdungsstoffe bezeichnet), sind es, deren Anhäufung bei länger dauernder Beanspruchung, zusammen mit dem Mangel an neuem

Material zur Spaltung, die besprochenen Ermüdungserscheinungen, insbesondere die verhinderte Erschlaffung verursacht. Die mit der Muskeltätigkeit verbundenen elektrischen Vorgänge (durch geeignete Vorrichtungen als sogenannter Aktionsstrom meßbar und registrierbar) beginnen sofort nach der Reizung und müssen als Ausdruck der Spaltungsvorgänge aufgefaßt werden; die Wärmebildung, unzertrennlich von der Oxydation, gehört in die Erschlaffungsperiode und ist der chemische Ausdruck der Wegräumung der Schlacken und nicht der der Verkürzung zugrunde liegenden Spaltungsvorgänge. Diese Anschauungsweise der neuesten Zeit vereint mit den Fortschritten der physikalischen Chemie, welche Wissenschaft für die gesamte Lehre vom Leben so außerordentlich befruchtend geworden ist, erlaubt es in viel höherem Maße als früher, sich eine, wenn auch nur ungefähre, so doch in ihren Hauptzügen der Wahrheit nahekommende Vorstellung vom inneren Wesen der Muskeltätigkeit zu bilden: Bei dem Spaltungsvorgange wird eine verwickelt zusammengesetzte chemische Verbindung (nach Embden vielleicht eine Verbindung einer Zuckerart mit Phosphorsäure) derart zerlegt, daß ein Spaltprodukt entsteht, welches besondere physikalisch-chemische Wirkungen äußern kann, die den Verkürzungsvorgang mehr oder weniger unmittelbar veranlassen. Wie, darüber hat man bis jetzt nur Vermutungen. Man hat beobachtet, daß bei der Zusammenziehung lebender Muskelfasern z. B. von Insekten unter dem Mikroskop die doppeltbrechenden Teilchen an Volumen zuzunehmen scheinen auf Kosten der einfachbrechenden. Dies könnte darauf beruhen, daß in ihnen eine Substanz frei wird, welche durch die Wandschicht hindurch Wasser aufnimmt; die Wasseraufnahme könnte gedeutet werden entweder als sogenannte Quellung kolloider Substanzen oder als Diffusion durch die Hüllensubstanz. Es wären dann „osmotische Kräfte", welche durch Erhöhung des Innendruckes in den betreffenden säckchenartigen Muskelelementen eine Veränderung ihrer Gestalt und damit derjenigen des ganzen Muskels bewirken könnten, derart, daß er sich verkürzt und verdickt (Bernstein, Zuntz u. a.); andererseits ist darauf aufmerksam gemacht worden (J. Traube), daß chemische Veränderungen auch durch direkte Veränderung der Oberflächenspannung ähnlich wirken können: Je größer die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit, desto größer ist z. B. unter sonst gleichen Bedingungen das Bestreben *eines Tropfens* derselben, Kugelgestalt zu behalten bzw. anzunehmen.

Es ist natürlich unmöglich, an dieser Stelle auf diese noch im Fluß befindlichen Forschungen, zu deren weiterer Fortführung noch viel Mühe, bedeutende Vertiefung unserer histologischen Kenntnisse, physikalisch-chemischen Theorien, und besonders Fähigkeit zur mathematischen Bearbeitung der schwierigen Verhältnisse bei lebenden Gebilden nötig sein wird, näher einzugehen. Jedenfalls sprechen die den soeben entwickelten Vorstellungen zugrunde liegenden Tatsachen hinsichtlich des zeitlichen Verlaufes der Wärmebildung bei der Muskelzuckung und hinsichtlich der chemischen Vorgänge im Muskel entschieden dafür, daß dieser lebendige Motor keine Wärmekraftmaschine darstellt, daß vielmehr die mechanische Arbeit der Muskelzusammenziehung durch direkte Umwandlung aus der chemischen Spannkraft der sich spaltenden Bestandteile der Muskelsubstanz entsteht, wobei auch Wärme gebunden, die Muskelsubstanz also abgekühlt werden könnte. Eine solche Abkühlung ist früher auf Grund thermoelektrischer Versuche mehrfach behauptet worden, hat sich aber jetzt mit Sicherheit als nur durch Fehlerquellen vorgetäuscht erwiesen. Wahrscheinlich wird eine etwa mit dem Kontraktionsprozeß verbundene Abkühlung durch die bei dem gleichzeitig einsetzenden Vorgange der Verbrennung der Spaltungsschlacken freiwerdende Wärme ausgeglichen. Daß aber der Muskelzusammenziehung in der Tat ein endothermischer chemischer Vorgang (s. S. 8) zugrunde liegt, dafür sprechen die neueren Untersuchungen über das Wesen des der Zusammenziehung unmittelbar voraufgehenden und mit ihr unzertrennlich verbundenen elektrischen Vorganges im Muskel: Höchstwahrscheinlich handelt es sich bei seiner Entstehung um die Bildung einer sogenannten Konzentrationskette solcher Art, daß dabei Wärme gebunden wird (endothermische Kette, Bernstein). Wenn somit der Oxydations- oder Verbrennungsvorgang im Muskel nicht wie in einem unserer Wärmemotoren als kraftspendende Grundlage, sondern als sekundärer, d. h. gewissermaßen nebensächlicher Vorgang erscheint, so ist er doch bei den höheren Tieren und den Menschen, bei denen Anhäufung der Schlacken infolge Mangels an dem sie wegfegenden Sauerstoff zur Erstickung führt, also mit dem Weiterbestand des Lebens und aller Organfunktionen nicht verträglich ist, geradezu ein Maß des der Muskelarbeit zugrunde liegenden Umsatzes. Denn soviel Material für das Freiwerden einer bestimmten Menge mechanischer Energie hat gespalten werden müssen, soviel

Schlacken sind auch entstanden, und entsprechend viel Sauerstoff wird zu ihrer Oxydation notwendig sein, entsprechend viel Oxydationsprodukte (Kohlensäure und Wasser) werden endlich auftreten. Es ist dies, wie wir bald sehen werden, deshalb außerordentlich wichtig, weil so, gleichgültig ob der Muskel eine Wärmekraftmaschine ist oder nicht, die Messung der Verbrennungsintensität in ihm, die Bestimmung der Menge der bei der Ruhe und Arbeit in ihm freiwerdenden Verbrennungsprodukte bzw. des verbrauchten Sauerstoffs als Maß seines chemischen Umsatzes, ja geradezu seiner Arbeitsleistung benutzt werden kann. Ja die Zulässigkeit dieses Verfahrens ist um so wichtiger, als der direkten mechanischen Arbeitsmessung sich vielfach große Hindernisse entgegenstellen. Dieses Verfahren ist auch der einzige Weg, um den Stoffverbrauch messend zu verfolgen, der dann stattfindet, wenn ein gehobenes Gewicht durch „tetanische" (s. oben S. 15) Zusammenziehung dauernd hochgehalten wird, oder entsprechend wenn ein Muskel dauernd in verstärkter Spannung erhalten, eine bestimmte Körperstellung (aufrechtes Stehen, Kniebeuge, Arme hochheben) längere Zeit eingehalten werden soll: die tägliche Erfahrung lehrt ja, wie schnell und stark solche Leistung, die äußerlich ohne sichtbare Bewegung verläuft, ermüdend wirkt! Nachdem wir wissen, daß die inneren Vorgänge in den Muskelfasern mit großer Häufigkeit hin und hergehen, wundert es uns nicht, wenn bei dieser „statischen Arbeit" des „Haltens" der Stoffumsatz im Muskel den auch in der Ruhe stattfindenden sehr beträchtlich übertrifft: nach den Untersuchungen von Chauveau entspricht das Mehr geradezu der Größe der „gehaltenen" Last[1]).

1) Auf die Bestrebungen dieses Forschers, den Anteil solcher Vorgänge auch bei der sichtbaren Zusammenziehung menschlicher Muskeln, die wie erwähnt ja durch „Summierung" zustande kommt, und bei der „Bremsung" während des Senkens einer Last oder Heruntersteigens von einer Höhe zu schätzen, wobei experimentelle Vergleichung zwischen Elektromotor und Muskel herangezogen wurde, kann hier nicht näher eingegangen werden.

Dritter Abschnitt.

Die Messung der Muskelarbeit auf mechanischer Grundlage. Reihenphotographie und Phoronomie. Ergebnisse dieser Bestrebungen angewendet auf die Hauptformen menschlicher Ortsbewegung.

Alle Bewegungen und Verrichtungen des tierischen und menschlichen Körpers vollziehen sich kaum je durch die Tätigkeit eines einzelnen Muskels. Meistens wirken deren mehrere oder gar viele zusammen, von denen jeder nach Anordnung und Wirkungsweise sehr verschieden gestaltet sein kann. Wir haben früher Muskelbauch und Sehnen unterschieden. Es gibt aber sehr lange und schmale, sehr kurze und breite, endlich dünne und flächenhaft ausgedehnte Muskeln, bei denen von einem eigentlichen Muskelbauch nicht wohl gesprochen werden kann. Die Richtung und Anordnung der Muskelfasern sowohl wie diejenige der Sehnensubstanz kann sehr verschieden sein. Es können von der Ursprungssehne an dem einen Knochen zur Ansatzsehne an dem anderen bisweilen auch direkt von der Knochenhaut ausgehend die Bündel der Muskelfasern parallel nebeneinander herüberlaufen: parallelfaserige Muskeln. Die Fasern können auch, irgendwoher entspringend, an eine schnur- oder hautartige Ansatzsehne von der Seite her herantreten, oder auch von beiden Seiten: gefiederte oder doppeltgefiederte Muskeln; sie können zwischen zwei Sehnenhäuten schräg herüberlaufen. Wir haben gesehen, daß die absolute Kraft eines Muskels seiner Faserzahl, d. h. seinem physiologischen, zur Faserrichtung senkrecht gedachten Querschnitt entspricht; in allen den zuletzt angedeuteten Fällen, in welchen die Faserrichtung nicht der Zugrichtung, d. h. der kürzesten Verbindungslinie zwischen Ursprung und Ansatz entspricht, wird zur Messung der wirklich in dieser Richtung auftretenden Kraft, bzw. zu leistenden Arbeit ein elementarer Grundsatz in Anwendung kommen, welcher wie die gesamte Statik, Dynamik und Kinematik, so insbesondere auch die Lehre von der lebendigen Bewegungsmaschine beherrscht: es ist das der Satz vom Parallelogramm der Kräfte bzw. Bewegungen, nach welchem sich jede Kraft, die in einer Richtung wirkt, nach Größe und Richtungen in Komponenten zerlegen, bzw. aus Komponenten aufbauen läßt, die die Seiten eines Parallelogramms bilden, in welchem sie selbst Diagonale ist.

Für Kräfte, welche nicht in derselben Ebene wirken, bzw. für Bewegungen, welche sich nicht auf eine Ebene beschränken, erweitert sich dieser Satz derart, daß eine Zerlegung in Komponenten, bzw. ein Aufbau aus Komponenten auch im räumlichen Sinne stattfinden kann, insbesondere handelt es sich um Komponenten in den drei aufeinander senkrecht stehenden Dimensionen des Raumes. Diese Zerlegung wird zur Notwendigkeit bei der Untersuchung der Wirkungsweise und der Arbeitsleistung der Skelettmuskeln, insofern sie die Knochen, besonders die langen Röhrenknochen der Extremitäten (Arme und Beine, Hände und Füße) gegen das Skelett des Stammes (Kopfes und Rumpfes) und gegeneinander Drehbewegungen ausführen lassen. Diese Drehbewegungen unterliegen im allgemeinen den Hebelgesetzen. Nach den letzteren ist der Grad der Zusammenziehung und Kraftentfaltung für eine Bewegung etwa der Hand oder des Fußes aus dem Orte des Ansatzes des bewegenden Muskels zu berechnen, soweit der Muskel in der Drehungsebene liegt; soweit dies nicht der Fall ist, ist die in diese hineinfallende Bewegungskomponente in Betracht zu ziehen. Die Extremitätenmuskeln lassen sich zumeist in Gruppen zusammenfassen, welche wesentlich bestimmten, zum Teil einander gerade entgegengesetzten Bewegungsrichtungen dienstbar sind. So unterscheiden wir an den einfachen Dreh- oder Scharniergelenken, wie dem Ellenbogengelenk, dem Kniegelenk, den Gelenken zwischen den einzelnen Fingergliedern, als einander entgegenwirkende Muskeln (Antagonisten), die Beugemuskeln einerseits und die Strecker andererseits. An den Gelenken mit größerer Bewegungsfreiheit, den Knopf- und Sattelgelenken (Daumengelenk), insbesondere aber dem Kugelgelenk (Schultergelenk und Hüftgelenk) unterscheiden wir die Wirkungen noch weiterer Gruppenpaare, wie der Adduktoren (an den Körper heranziehenden) und Abduktoren (vom Körper wegziehenden Muskeln), der Einwärtsroller und Auswärtsroller. Um in diesem Sinne die Wirkungsweise der einzelnen Skelettmuskeln genauer zu untersuchen, hat schon der große Künstler, Naturforscher und Techniker der Frührenaissance, Leonardo da Vinci, an den bloßgelegten Knochen menschlicher Leichen die Muskeln durch in ihrer Zugrichtung angebrachte Schnüre ersetzt. Um die Beteiligung der Muskeln der einzelnen Gruppen nach ihrem Kraftwirkungsanteil bei Feststellung eines Knochens bzw. Gelenkes in einer *bestimmten* Lage zu erforschen, braucht man bloß die betreffenden

Schnüre über Rollen zu führen und die Belastungen so lange zu verändern, bis Gleichgewicht in der betreffenden Lage eintritt (Sick, Henke u. a.).

Viel schwieriger wird das Problem des Studiums der Beteiligung der einzelnen Muskeln und Muskelgruppen an verwickelten Vorgängen, wie sie der Ortsbewegung (Lokomotion) des Menschen und der Tiere, den verschiedenen Verrichtungen des täglichen Lebens und der Gewerbe, den Leibesübungen usw. zugrunde liegen, sowie der Berechnung der mechanischen Arbeit, welche bei allen diesen Vorgängen im ganzen und im einzelnen geleistet wird. Was hier in früheren Jahrhunderten, z. B. von Borelli am Ausgang des 17. Jahrhunderts in seinem berühmten Werke von der Bewegung der Tiere versucht worden ist, blieb durchaus mangelhaft, und auch die klassische „Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge" der Gebrüder Weber vom Jahre 1837 mußte sich bei aller Genialität auf die Ergebnisse direkter Beobachtung mit Meßband und Uhr, sowie einfacher physikalischer Vorstellungen und Ausrechnungen beschränken. Erst die Einführung der graphischen Hilfsmittel in die Physiologie begann hier Wandel zu schaffen; sie und die scharfsinnige Anwendung moderner mechanischer Grundvorstellungen und höherer Analysis hat in neuester Zeit die Mittel zu eingehenderem Verständnis der hier in Betracht kommenden Einzelheiten geliefert[1]). So sei erwähnt, daß ganz offenbar die Elastizität des Muskels, von der wir bereits kurz gesprochen haben, eine äußerst wichtige Eigenschaft für das zweckmäßige Zustandekommen der Bewegungen und Verrichtungen ist: Es gibt Beuge- und Streckmuskeln, welche, indem sie über ein Gelenk hinwegsetzen, die beiden Knochen um dieses Gelenk gegeneinander drehen; es gibt aber auch Muskeln, welche von einem Knochen zu einem dritten sich erstrecken und über zwei Gelenke hinweggehen, an dem mittleren Knochen also gar nicht direkt angreifen; solche „zweigelenkige" Muskeln bewirken Drehung der in jedem der beiden Gelenke aneinanderstoßenden Knochen gegeneinander, wenn das andere Gelenk festgestellt ist, und zwar mit ihrer ganzen Kraft. Sie ersetzen also zwei Muskeln von gleicher Größe, verbrauchen aber in der

1) Genaueres findet sich elementar und anschaulich, jedoch ein fleißiges und eingehendes Studium erfordernd, in den Büchern von Otto Fischer, Theoretische Grundlage für eine Mechanik der lebenden Körper, Leipzig, B. G. Teubner, 1906, und: Medizinische Physik, Leipzig, Hirzel, 1913.

Ruhe[1]) nur halb soviel Kraft wie es zwei solche Muskeln tun würden. Ist der mittlere Knochen festgestellt, so können sie zwischen den beiden anderen, die etwa durch einen anderen Muskel gleichsinnig bewegt werden sollen, wie ein elastischer Strang (Gummischnur) von veränderlicher Spannung wirken: Zu der Elastizität kommt die Fähigkeit, auf den Innervationsreiz hin bei verhinderter Verkürzung in beliebig abstufbare Spannung versetzt zu werden. Dieselbe Fähigkeit ermöglicht es ferner z. B., daß bei Auftreffen eines Springers an seinem Ziel die Beinmuskeln als Stoßfedern („Sprungfedern") wirken und Schädigung der Eingeweide, insbesondere auch des gegen Erschütterungen besonders empfindlichen Zentralnervensystems verhindern.

Um die Schwierigkeit des Problems der Messung der Arbeit, welche bei den Bewegungen, Verrichtungen und Leibesübungen des Menschen geleistet wird, zu verstehen, braucht bloß daran erinnert zu werden, daß es sich eben nicht um einfache Hebung einer Last handelt, wie man sie an einem einzeln ausgeschnittenen Muskel zeigen kann, auch nicht um eine einfache hin- und hergehende Bewegung, wie bei dem Kolben einer Dampfmaschine, deren „Arbeitsdiagramm" wir aufnehmen können[2]), endlich auch nicht um eine direkte oder durch Kurbelgetriebe (s. früher) erzeugte Drehbewegung, deren Leistung durch Bremsung gemessen werden kann. Vielmehr erfolgt alle tierische Bewegung zu Lande und zu Wasser durch rhythmisches Fortstoßen der Körperlast von der Grundlage. Dazu werden Fortsätze des Körpers mit genügend widerstandsfähiger Grundlage (Knochen bei den Wirbeltieren, Chitin beim Hautskelett der Gliederfüßer und Krustr) und gelenkig miteinander verbundenen Abteilungen ausgebildet, welche durch Muskelkraft abwechselnd gegen die Unterlage gestemmt werden, wobei der Körper in entgegengesetzter

1) Auch in der Ruhe verbraucht der Muskel wie jede lebende Zelle Stoff und setzt Energie um.

2) Man läßt dabei durch eine geeignete Vorrichtung, den „Indikator", eine Kurve sich selbst aufzeichnen, deren Verlauf die Dampfspannung im Zylinder als Funktion der Hin- und Herbewegung des Kolbens im zeitlichen Verlaufe einer solchen darstellt. Der von der in sich zurücklaufenden Kurve umschriebene Flächenraum entspricht der Arbeitsleistung bei einem Hin- und Hergange des Kolbens. Am ausgeschnittenen Froschmuskel hat Blix und am überlebenden Froschherzen O. Frank den Versuch gemacht, durch Selbstregistrierung der Spannungsänderung als Funktion der Längen- bzw. Volumänderung in entsprechender Weise ein „Arbeitsdiagramm des Muskels" zu gewinnen.

Richtung gedrückt oder getrieben oder geworfen werden muß, und abwechselnd abgehoben und in eine andere Lage gebracht werden, während andere solche „Extremitäten" die bewegende, stützende und stemmende Rolle übernehmen.

Es ist hier nicht der Ort, auf die Ortsbewegung der Tiere und ihr Verhältnis zu derjenigen des Menschen näher einzugehen. Jedenfalls tritt bei diesem infolge der aufrechten Haltung, bei welcher der Körper eine verhältnismäßig kleine Unterstützungsfläche besitzt, die Tatsache besonders hervor, daß derselbe bei jedem Anstoß nach vorwärts aus der gesicherten Gleichgewichtslage gebracht wird und aufgefangen und unterstützt werden muß, um das verlorene Gleichgewicht wieder herzustellen: Das Gehen ist ein fortwährend verhindertes Fallen. Jedes der beiden Beine übernimmt dabei abwechselnd die Rolle als den Körper stützendes und aktives Bein, dessen Streckmuskulatur (vierköpfiger Streckmuskel) den Oberkörper nach vorwärts stemmt, und als Hangbein oder schwingendes Bein, welches mit dem Fuße vom Boden abgehoben durch die Luft schwingt und im rechten Augenblick weiter vorn aufgesetzt wird, um den Oberkörper aufzufangen und zu stützen; seine Streckmuskulatur tritt dann ihrerseits in Tätigkeit, während das andere Bein jetzt abgehoben wird und durch die Luft schwingt usw. Wir nennen diese abwechselnden Phasen der menschlichen Ortsbewegung Schritte. Beim gewöhnlichen Gehen wird jeder Fuß spätestens in dem Augenblicke auf den Boden aufgesetzt, wo der andere abgehoben wird, bei langsamem Gehen schon früher, so daß Zeiträume vorhanden sind, in denen beide Beine gleichzeitig den Oberkörper stützen. Da zu dem Schwingen des Hangbeines immer eine gewisse Zeit notwendig ist[1]), so ist die Schrittzahl begrenzt, ebenso die Schrittlänge, die im allgemeinen der Beinlänge entspricht: Die Geschwindigkeit des Gehens kann ein gewisses bescheidenes Maß nicht überschreiten. Zur Erzielung größerer Geschwindigkeit des Fortkommens dient das Laufen, wobei das eine Bein vom Boden bereits abgehoben wird, ehe das andere aufgesetzt ist, nachdem die Streckmuskulatur des aktiven Beines durch energischere Zusammenziehung dem Oberkörper eine solche Beschleunigung erteilt hat, daß er eine Strecke weit wagerecht vorwärts fliegt, ohne durch die Schwerkraft zu Fall gebracht zu werden. Ein Stückchen abwärts fällt der Körper

1) Wenn es sich auch nicht streng um eine Pendelschwingung handelt, wie es seinerzeit die Gebrüder Weber glaubten.

Fig. 9. Reihenbild der Bewegungen der rechten Körperhälfte des Menschen beim Gehen.

unter ihrer Wirkung auf jeden Fall und muß durch die stemmende und abstoßende Tätigkeit der Streckmuskeln beim nächsten Schritt um ebensoviel wieder gehoben werden, so daß der Schwerpunkt, in welchem wir uns die gesamte Masse des Körpers vereinigt denken, bei jedem Schritt gehoben und gesenkt wird; da die antreibende Bewegung jedes Beines ferner mehr oder weniger von der einen Seite her erfolgt, muß es mit Notwendigkeit zu seitlichen Schwankungen des Schwerpunktes kommen. Die Körpermasse ist also weit entfernt davon, geradlinig vorwärts bewegt zu werden, sondern unterliegt, wie man jetzt schon erkennt, verwickelten Schwankungen, die für den Zweck der Vorwärtsbewegung überflüssig sind und offenbare unnütze Arbeitsverluste bedeuten. Für die Vierfüßler gilt zum Teil dasselbe, und die Lokomotion der Landinsekten, die von Demoor besonders gründlich untersucht worden ist, ist in dieser Beziehung als noch unzweckmäßiger anzusehen.

Fragen wir uns, wie sich der Arbeitsaufwand bei der Ortsbewegung des Menschen und der Tiere genau ziffernmäßig bestimmen läßt, so lautet die Antwort, daß dazu die unumgängliche Voraussetzung die genaue Kenntnis der Bahnen darstellt, welche die wichtigen Punkte des Körpers, nämlich die Schwerpunkte des ganzen und seiner Teile, die Gelenkmittelpunkte, um welche die Drehung der Hebelelemente stattfindet usw., im Raume beschreiben. Obwohl Versuche, diese Bahnen mit einfachen graphischen Mitteln zu verzeichnen, schon früher gemacht worden waren, so ist die Aufgabe ihrer Lösung erst entgegengeführt worden durch die Erfindung der Augenblicks-Photographie, die es gestattete, die aufeinanderfolgenden Stellungen eines sich bewegenden Objektes im Bilde zu fixieren, und

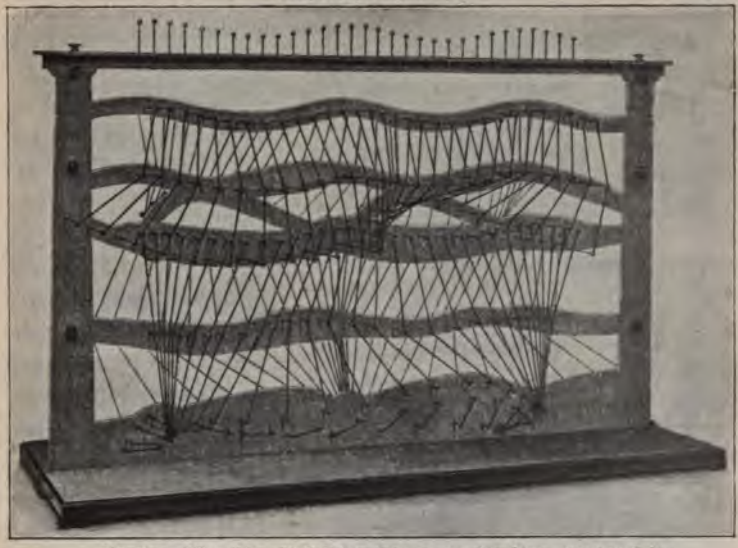


Fig. 10a. Räumliches Modell des Ganges des Menschen, von der Seite.

zwar nicht nur jede auf einer besonderen Platte (Muybridge, Anschütz), sondern auch auf ein- und derselben Platte (helles Objekt auf dunklem Hintergrunde, Marey).

Da bei diesem Verfahren die Bilder der einzelnen Phasen sich zu überdecken beginnen, wenn die Aufnahmen in sehr kurzen Zwischenräumen stattfinden, so ist man dazu übergegangen, von dem Objekt nur wichtige Punkte und Linien weiß zu markieren oder durch Glühlampen oder Geißlersche Röhren aufleuchten zu lassen. Die so erhaltenen geometrischen Reihenbilder (Fig. 9) lassen ohne weiteres den Verlauf der Bahnen, welche die Körperpunkte beschreiben, zunächst auf eine bestimmte Ebene entworfen, erkennen und erlauben die genaue Ausmittelung der Lage jedes einzelnen Punktes im Raum bei jeder Stellung, wenn Aufnahmen bei mehreren Stellungen des Apparates zu dem sich bewegenden Objekt gemacht werden, z. B. von der Seite, von oben und von vorn. Nach diesem Grundsatz haben der verstorbene Anatom W. Braune und der Physiker Otto Fischer in Leipzig eine völlig exakte Untersuchung des menschlichen Ganges unternommen (Fig. 10), derart, daß die vollständige Ausrechnung der Er-

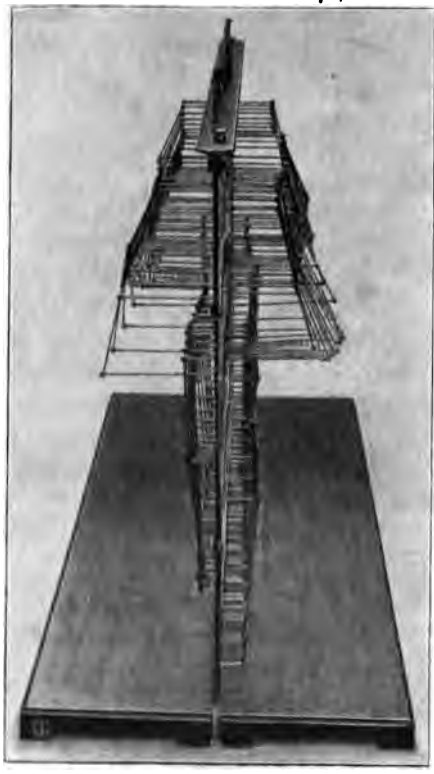


Fig. 10b. Räumliches Modell des Ganges des Menschen, von vorn betrachtet.

gebnisse allein schon die Arbeit eines Forscherlebens ausfüllt. Die erhaltenen Werte können dann auch nur für die Versuchspersonen und Versuchsbedingungen Gültigkeit haben, bei denen sie gewonnen wurden. Schon früher haben Marey und Demeny versucht, auf Grund ähnlicher, doch weniger genauer Versuche, die beim Gehen und Laufen von der menschlichen Muskulatur geleistete mechanische Arbeit abzuschätzen. Man ist dazu imstande, wenn man aus den durch die Reihenphotographie ermittelten Punktlagen im Verlaufe der Bahnkurven („phoronomische Daten") die Beschleunigungen und Verzögerungen (Zunahmen und Abnahmen der Geschwindigkeit) ermittelt, welche die Schwerpunkte des Körpers und der Extremitäten, in denen man sich die durch Wägung ermittelten Massen vereinigt denkt, erfahren. Bei der Bewegung des Körperschwerpunktes handelt es sich wesentlich um Beschleunigungen im Sinne der Bewegung vorwärts sowie aufwärts und abwärts (die seitlichen Schwankungen wurden von Marey und Demeny vernachlässigt); bei den schwingenden Bewegungen der Arme und Beine um „Winkelbeschleunigungen" im Sinne der Drehung um die Gelenkmittelpunkte.

Auf diese Weise glaubten Marey und Demeny die Arbeit in Meter-

kilogramm, welche bei den beiden menschlichen Bewegungsarten, dem Gehen und dem Laufen, geleistet wird, auf drei Hauptposten verteilt, folgendermaßen abschätzen zu können:

	Gehen	Laufen
Beinschwingen	0,3 mkg	0,4 mkg
Senkrechte Körperschwankungen	6,2 =	2,3 =
Wagerechte Beschleunigung	2,5 =	18,4 =
Summen:	9,0 mkg	24,1 mkg

für jeden Schritt also, bei einem Minimum von 60 Gehschritten in der Minute, 364 mkg in der Minute oder etwa 6 mkg in der Sekunde für langsames Gehen und bei einem Maximum von 130 Laufschritten in der Minute 3374 mkg in der Minute oder 56 mkg in der Sekunde für schnellstes Laufen. Der letztgenannte Wert entspricht etwa $^3/_4$ Pferdekraft, eine Arbeit, welche bei dauernder Inanspruchnahme nicht einmal von einem lebenden Pferd (s. früher), geschweige denn von einem Menschen, geleistet werden kann. Da aber maximale Leistungen mit bis zu 130 Schritten in der Minute und Geschwindigkeiten bis zu 20 km in der Stunde von Berufsläufern während eines erheblichen Zeitraumes tatsächlich geleistet worden sind, so ist schon hieraus zu vermuten, daß die schätzungsweisen Werte von Marey und Demeny viel zu hoch sind. Ein Fehler bei ihrer Gewinnung liegt nach Zuntz und Katzenstein darin, daß die für die senkrechten Schwankungen der Körpermasse in Betracht kommenden Werte, erhalten durch Multiplikation des Körpergewichts p mit der Schwankungshöhe h bei jedem Schritt doppelt gerechnet wurden, vielleicht von der Überlegung ausgehend, daß beim Auffangen des fallenden Körpers eine ebenso große gewissermaßen Bremsarbeit geleistet werde, wie bei seiner Erhebung: Diese Annahme ist irrig, da die zu dieser Bremsung oder federnden Auffangung des fallenden Körpers verwendete Anstrengung bei der geschilderten Aufstellung in drei Posten anderweitig schon eingerechnet sein muß. Wenn also beim gewöhnlichen Gehen der Posten für die senkrechten Körperschwankungen nur halb so groß genommen wird wie oben, so verkleinert sich der geschätzte Wert für die Gesamtarbeit ganz bedeutend.

Beim Laufen ist die Größe der senkrechten Schwankungen der Körpermasse im allgemeinen kleiner als beim Gehen; infolge der größeren Beschleunigung, welche die Streckmuskulatur der Beine ihm erteilt, fliegt der Körper in der gleichen Zeit eine größere Strecke weit nach vorwärts durch den Raum und unterliegt weniger dem Zuge der

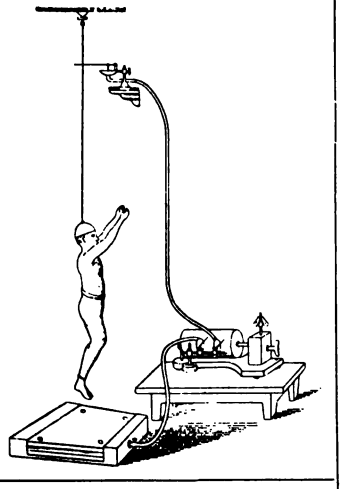


Fig. 11. Aufzeichnung der Sprunghöhe und des Bodendrucks. Nach Marey.

Schwerkraft; außerdem wird der ganze Körper mehr nach vorwärts geneigt gehalten, schon zur besseren Überwindung des jeder schnellen Bewegung sehr wesentlich entgegenwirkenden Luftwiderstandes (s. unten). Wenn also die unzulässige Verdoppelung dieses Postens bei der Schätzung der Laufarbeit weniger ins Gewicht fällt, so tritt hier um so mehr ein anderer Fehler der Berechnungsweise der französischen Autoren ins Gewicht, der darin besteht, daß die durch das Beharrungsvermögen des einmal in der Richtung nach vorwärts beschleunigten Körpers gegebene Ersparnis nicht beachtet worden ist.

Es ist zu hoffen, daß das Endergebnis der Untersuchungen der Leipziger Schule hinsichtlich des Arbeitsaufwandes beim Gange des Menschen sichere Mittelwerte zeitigen wird. Es ist ein weites Gebiet schwieriger Arbeit, unter Zugrundelegung für diesen Zweck durch photographische Aufnahmen besonders zu gewinnender phoronomischer Daten für die bei den so vielfältig verschiedenen Leibesübungen aufgewendeten Arbeitsleistungen exakte Werte zu ermitteln. Für ganz einfache Fälle, wie z. B. für den Hochsprung, bei welchem der Körper nahe dem Punkte, an welchem er den Boden verlassen hat, auf denselben wieder herabgelangt, für den Weitsprung ohne Anlauf und ohne Springstange, wo der Körperschwerpunkt die einer Parabel ähnliche Wurfkurve durchläuft, erscheint die Arbeitsberechnung noch ziemlich einfach: im erstgenannten Falle bildet jedenfalls das Produkt Körpergewicht × Sprunghöhe den Hauptposten, obschon die Bewegungen der Extremitäten während des Sprunges, die schon erwähnte Anspannung der Beinmuskeln zum federnden Abfangen des Körpers u. a. m. schon hier mit in Betracht kommen. Marey beim lotrechten Indiehöhespringen an Ort und Stelle durch

eine Anordnung, die in der Fig. 11 angedeutet ist, einerseits die Bewegung des Scheitels des Springers, andererseits den zeitlichen Verlauf des Drucks, den dieser mit seinen Füßen auf die Unterlage ausübt, in Kurvenform auf einer rotierenden Schreibfläche verzeichnen.. Ersteres erfolgte durch Verbindung des Scheitels mit der Decke durch eine Gummischnur, in deren Verlauf ein Stäbchen eingeschaltet war, dessen Bewegung durch sogenannte Luftübertragung (zwei elastische Kapseln und Verbindungsschlauch) auf die Schreibfeder übertragen wurde. Der Druck wurde ausgeübt auf in der Unterlage befindliche Spiralen aus dickwandigem Gummischlauch, dessen Innenraum in entsprechender Weise auf eine zweite Schreibfeder wirkte. Die so erhaltenen Kurven (Fig. 12) zeigen, daß durch eine kurzdauernde Muskelanstrengung, die vorübergehend einen sehr hohen Druck auf die Unterlage ausübt, durchaus nicht die größte Erhebung über den Boden erreicht wird; vielmehr geschieht dies durch eine längerdauernde Anstrengung, deren Maximalwert, gemessen an dem Druck auf die Unterlage, sogar kleiner sein kann, als bei der kurzdauernden Anstrengung und der geringeren erreichten Sprunghöhe. Es kommt auf die durch die Muskelanstrengung geleistete Gesamtarbeit an, von welcher die von der Druckkurve umgrenzte Fläche, in der Abbildung schraffiert dargestellt, einen Begriff gibt, im Sinne desjenigen, was die höhere Mathematik als Zeitintegral des betreffenden Vorganges bezeichnet.[1])

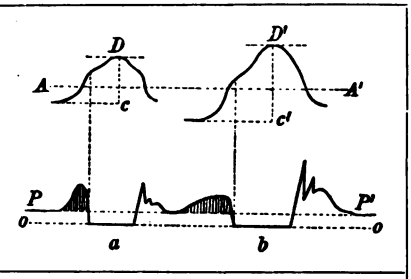


Fig. 12. Zeitlicher Verlauf der Körpererhebung und des Drucks auf die Unterlage beim Springen. Der größeren Anfangsanstrengung bei *a* entspricht eine kleinere Sprunghöhe *cD*, der geringeren aber andauernden Anstrengung bei *b* eine größere Sprunghöhe *c'D'*.

Es ist hier nicht der Ort, auf die Grenzen der Anwendbarkeit der „Phoronomie" bei der Berechnung der bei tierischen und menschlichen

1) Es handelt sich eben beim Hochsprung an Ort und Stelle um einen besonders einfachen Fall, wo die Aufnahme eines „Arbeitsdiagramms" wie bei der Dampfmaschine in gewissem Sinne möglich ist; vgl. das auf S. 32 in der Fußnote hierüber Gesagte.

Lokomotionsarten, zumal mit besonderen Hilfsmitteln, angewendeten mechanischen Arbeit näher einzugehen, zumal hierüber teilweise noch Unklarheit herrscht; auf die bisherigen Versuche bei Lokomotion in anderen Medien als auf dem festen Erdboden und mit besonderen Hilfsmitteln die aufgewandte Muskelarbeit zu berechnen, nämlich beim Schwimmen, Radfahren und beim Vogelflug, wird weiter unten kurz zurückgekommen werden.

Vierter Abschnitt.

Berechnung der Arbeitsleistung aus den Ergebnissen der Messung des respiratorischen Stoffwechsels. Arbeitsleistung bei Leibesübungen und Handwerk. Normalarbeitstag. Kriegsleistungen.

Als wichtige Ergänzung der Bestrebungen mechanischer Berechnung und Ersatz für bisher auf diesem direkten Wege noch unerreichbare Werte hat sich die sogenannte physiologische Berechnung aus den Ergebnissen der Stoffwechsel- bzw. Gaswechselversuche bewährt. Wir haben gesehen, daß die Intensität der Verbrennung kohlenstoff- und wasserstoffhaltigen Materials zu Kohlensäure und Wasser, wenn sie auch nicht die eigentliche Grundlage des Vorganges der Muskelzusammenziehung selbst darstellt, doch jedenfalls ein genaues Maß des Gesamtumsatzes und damit der gesamten Energieerzeugung im Muskel sowohl bei der Ruhe als auch bei der Arbeit liefert. Dasselbe gilt für den Gesamtorganismus als Muskelmaschine, so daß der Unterschied seines Umsatzes in der Ruhe und bei gleichlangdauernder Verrichtung einer bestimmten Arbeit als Maß für die letztere unbedenklich angesehen werden darf. Bei vollständiger Muskelruhe, d. h. völligem Stilliegen im Bett, gibt der Körper nach außen Energie nur in Gestalt von Wärme ab; die mechanische Arbeit des Herzmuskels bei seiner Zusammenziehung, die Reibung des in den Gefäßen strömenden Blutes, die Atembewegungen, an denen sich im Ruhezustand fast nur der im Körperinnern gelegene Zwerchfellmuskel beteiligt, etwaige mechanische Arbeit der glatten Muskulatur der Gedärme usw., alles dieses tritt nach außen nur als Wärme. Der Gesamtumsatz des ruhenden erwachsenen Menschen wird gewöhnlich zu 2400 Kalorien angegeben und kann in Ausnahmefällen, bei Krankheiten, bei Herabsetzung der Nahrungszufuhr bis auf das zur Erhaltung unbedingt nötige Maß, wohl bis auf 1800 Kalorien herab-

gehen: Die Verbrennungswärme der eingeführten Nahrung, d. h. die Zahl der Kalorien, welche bei deren vollständiger Oxydation zu Kohlensäure und Wasser frei wird, vermindert um die in den Exkrementen (Harn und Kot) noch steckende Verbrennungswärme muß der vom Körper abgegebenen Energie, als Wärme berechnet, genau entsprechen, vorausgesetzt, daß sie genügend ist, der Körper nichts von seinem Bestande verliert, daß also, wie die Physiologen es nennen, Stoffwechselgleichgewicht herrscht; sonst muß der Körper von seinem Bestande eine entsprechende Menge verbrennen, um die nach dem ersten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie notwendige Übereinstimmung der beiden Seiten der Stoff- und Kraftbilanz herzustellen. Die Menge der Kohlensäure und des Wassers, welche der Körper in der Zeiteinheit abgibt, in der ausgeatmeten Luft und in den Hautausdünstungen sind also ein Maß des gesamten Stoff- und Kraftumsatzes. Auf die Bedeutung der aufgenommenen und abgegebenen stickstoffhaltigen Verbindungen, auf ihre etwaigen Beziehungen zur Wärmebildung und Muskelarbeit, auf die Bedeutung der Eiweißnahrung und die neuerdings wieder im Vordergrund des Interesses stehende Frage der zur Erhaltung des Stoffwechselgleichgewichtes nötigen Mindestmenge Eiweiß kann hier nicht näher eingegangen werden und muß auf die in neuester Zeit hierüber erschienenen, zum Teil für weitere Kreise bestimmten Schriften, besonders von Rubner, verwiesen werden.

Kohlensäure und Wasser entstehen durch Verbindung des eingeatmeten Sauerstoffs mit den Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen der Nahrung, bzw. der Körpersubstanz. Je nachdem diese in ihren Molekeln mehr oder weniger bereits mit Wasserstoffatomen verbundenen Sauerstoff enthält, ist das Verhältnis der ausgeatmeten Kohlensäure zum verbrauchten Sauerstoff (der sogenannte respiratorische Quotient) verschieden groß und es entspricht die Menge des letzteren nicht ohne weiteres der Größe des Energieumsatzes. Wohl aber kann dies angenommen werden, wenn bei den Ruhe- und Arbeitsversuchen, in denen der respiratorische Gaswechsel gemessen werden soll, dieselbe Ernährungsweise innegehalten und für Erhaltung des Stoffwechselgleichgewichtes gesorgt wird.

Messungen des respiratorischen Gaswechsels, sogenannte Respirationsversuche, sind seit dem Vorgange des Begründers der heuti-

gen Chemie, Lavoisier, und seiner Mitarbeiter an Tieren und Menschen vielfach angestellt worden. Wenn die Genauigkeit es erfordert, daß die Verluste durch die Hautausdünstungen mit berechnet werden, so pflegt man, wie es von Anfang an geschehen ist, das Tier oder den Menschen in einen geschlossenen Raum einzuschließen; aus diesem werden entweder die Atmungsprodukte durch geeignete, sie chemisch bindende, in Schüttelgefäßen befindliche Substanzen entfernt, während für den verbrauchten neuer Sauerstoff aus einem Vorratsbehälter nachströmt, oder aber es wird durch den Raum ein Strom frischer Luft hindurchgesogen, welcher zu seiner Messung eine Gasuhr passiert, und von dem durch Zweigrohre ständig Proben entnommen und auf ihren Gehalt an Atmungsprodukten ebenso analysiert werden, wie Proben der zuströmenden frischen Luft. Um die Größe des Gaswechsels im Ruhezustande und bei der Arbeit zu vergleichen, hat man im Innern der Respirationskammern Vorrichtungen angebracht, welche die Leistung einer meßbaren Arbeit durch das Versuchsindividuum gestatteten, Tretbahnen für Tiere, „Ergostaten" zur Messung z. B. beim Raddrehen geleisteter Arbeit für Menschen; zur Ermittlung des Gaswechsels bei vielen für die Praxis wichtigen Bewegungsformen, Leibesübungen und anderen Muskelleistungen ist aber diese Anordnung an sich nicht geeignet. Man mußte hier auf die Berücksichtigung der sogenannten Hautatmung ganz verzichten und zu Einrichtungen seine Zuflucht nehmen, wie sie bereits früher von Speck und anderen für die Untersuchung des Gaswechsels bei Gesunden und in Krankheiten angewendet worden sind: Es wird nur die Zusammensetzung der in und aus der Lunge gehenden Luft verglichen und ihre Menge durch eine Gasuhr gemessen. Diesem Zwecke dient ein luftdicht schließendes Mundstück (bei zugeklemmter Nase, eventuell eine Gesichtsmaske für Mund und Nase), welches die Luftwege mit einem T-förmigen Rohr verbindet, dessen Schenkel zwei derart angeordnete Ventile enthalten, daß die eingeatmete Luft nur in der einen, die ausgeatmete nur in der anderen Richtung passieren kann. Statt letztere durch Vorrichtungen zu treiben, welche die erzeugte Kohlensäure und den Wasserdampf zurückhalten und diese Atmungsprodukte quantitativ zu bestimmen, hat es sich für tragbare derartige Respirationsapparate (Fig. 13) als zweckmäßig erwiesen, den in der ausgeatmeten Luft noch enthaltenen Sauerstoff zu bestimmen; durch Subtraktion des letztgenannten Wertes vom normalen Sauerstoffgehalt der eingeatmeten atmosphäri-

schen Luft (nahe 21 %) erhält man den verbrauchten Sauerstoff.

Die Vermehrung des Sauerstoffverbrauchs bei der Arbeit kann nun derjenigen der gasförmigen Schlacken, insbesondere der Kohlensäure, durchaus gleichlaufend gesetzt werden, solange die Art der Ernährung gleich bleibt; denn wir wissen aus zahlreichen Tierversuchen, daß das Verhältnis der Volumina dieser beiden Gase, welches, wie schon früher erwähnt, als respiratorischer Quotient bezeichnet wird, zwar von der Art der Ernährung abhängt, aber bei gleichbleibender Ernährung durch Muskelarbeit nicht verändert wird. Wenn im folgenden also nebeneinander Ergebnisse von Respirationsversuchen in Gestalt verbrauchten Sauerstoffs und erzeugter und abgegebener Kohlensäure angeführt werden, so können sie unbedenklich füreinander eingesetzt, beziehungsweise miteinander verglichen werden.

Fig. 13. Messung der Atmung am marschierenden Menschen.

Für die Berechnung des durch Muskelarbeit bedingten Mehrumsatzes ist Kenntnis des Umsatzes in der Ruhe (s. S. 40) unbedingt notwendig. Wir haben den Energieumsatz in Wärmeeinheiten schon besprochen und dabei gesehen, daß auf den Grad der mehr oder weniger vollständigen Muskelruhe sehr viel ankommt. Nur in der Leiche nach Lösung der Todesstarre und in tiefster Narkose sind die Skelettmuskeln völlig entspannt; auch im Schlafe bewahren sie einen gewissen Grad vom Zentralnervensystem aus bewirkter „tonischer" Zusammenziehung, besonders an den Stellen, wo der Körper der Unterlage aufliegt und einer elastischen Polsterung bedarf. Für das Sitzen, besonders ohne Lehne, noch mehr für das aufrechte ruhige Stehen ist Aufwand an Arbeit durch dauernde Muskelzusammenziehung notwendig, die zwar durch gewisse günstige mechanische Anordnungen der Teilschwerpunkte und Gelenk- und Bandmechanismen einigermaßen sparsam gestaltet ist: indessen beträgt nach Katzenstein der Sauerstoffverbrauch beim Stehen gegenüber demjenigen beim Liegen je nach „Strammheit" usw. der Haltung um 10—20 % mehr. Nach Johansson beträgt die

Kohlensäureausscheidung eines erwachsenen Menschen pro Stunde im Schlaf 22 g, bei behaglicher Ruhe im Wachen 31 g. Schumburg und Zuntz haben hiernach für die Versuchspersonen ihrer grundlegenden Respirationsversuche zur Physiologie des militärischen Marsches als Tagesproduktion für den Zustand ohne Marschleistung angesetzt:

für 8 Stunden Schlaf	8×22	= 176 g
= 16 = relativer Ruhe	16×31	= 496 =
dazu 20% mehr für 8 Std. Stehen usw.	$\frac{8 \times 31}{5}$	= 50 =
für 1 Stunde bequemen Weges	mehr	48 =
	Summa pro Tag:	770 g Kohlensäure.

Dividiert man durch 24, so erhält man pro Stunde 32,1 g gegenüber den 22 g bei absoluter Muskelruhe, und setzt man das Körpergewicht im Mittel (etwas niedrig) zu 64 kg (128 Pfund), so erhält man ½ g Kohlensäure pro Stunde und Kilogramm Körpergewicht; der Mehrverbrauch gegenüber der absoluten Muskelruhe beträgt etwa 40%, ein Ergebnis, zu dem auch die Amerikaner Atwater und Benedict in ihren Versuchen gelangt sind.

Der respiratorische Quotient bei gemischter Nahrung beträgt 0,8 bis 0,9, d. h. auf 80—90 Raumteile erzeugter Kohlensäure (je ein Liter derselben wiegt ziemlich genau 2 g) kommen 100 Raumteile verbrauchten Sauerstoffs (je ein Liter desselben wiegt 1,45 g), so daß beim respiratorischen Quotienten gleich 0,8 das Gewicht der beiden nahezu gleich ist!

Hiernach wird die Bedeutung der Ziffern verständlich, welche Zuntz und Katzenstein für den Mehrverbrauch an Sauerstoff gefunden haben beim Menschen, welcher mit mittlerer Geschwindigkeit auf horizontaler Ebene geht, er betrug pro Kilogramm Körpergewicht und Meter Weg im Maximum 0,1682, im Minimum 0,0858 ccm, verständlich zumal im Vergleich mit demjenigen Mehrverbrauch, den dieselben Forscher bei der direkt durch Multiplikation des Körpergewichts und der Steighöhe zu berechnenden Arbeitsleistung des Steigens gefunden haben: sie betrug pro Kilogramm Körpergewicht und Meterkilogramm Steigleistung im Maximum 1,5086, im Minimum 1,1871 ccm Sauerstoff. Da sich aus besonderen, hier nicht näher wiederzugebenden Überlegungen, wie auch aus kalorimetrischen Ver-

suchen das schon früher angedeutete wichtige Grundgesetz ergibt, daß der Nutzeffekt bei den verschiedenen Bewegungsformen sich nicht ändert, sondern im wesentlichen gleich, und zwar nicht weniger als 30 % bleibt, so kann man nach obigen Befunden und unter vollständiger Abrundung wohl sagen, daß pro Meter Wegs beim Gehen eine mechanische Arbeit von 9—12 mkg das äußerste Maximum bilden würde. Da aber die Länge des einzelnen Gehschritts kleiner als ein Meter ist, beim militärischen Marsch- und Sturmschritt in Deutschland 80 cm, so folgt schon hieraus, daß die oben angeführte schätzungsweise Berechnung der Arbeit beim Gehen von Marey und Demeny zu hoch gegriffen war: sie war es um so mehr, als sie sich auf das relativ langsame Gehtempo von 4,8 km in der Stunde bezog und für schnellere Gangarten entsprechend höhere Werte berechnet wurden, Werte, die auf Grund der von Zuntz, wie hier geschildert, aus dem Respirationsversuch berechneten folgendermaßen korrigiert werden müssen:

bei einer Geschwindigkeit von Kilometern in der Stunde	kamen heraus nach Marey u. Demeny	berichtigt nach Zuntz
4,8	43200	**19870**
6,04	78960	**39080**
7,13	189000	**76440**

Meterkilogramm Leistung pro Stunde! Diese Zahlen sind von großer Wichtigkeit, und wir werden auf sie zurückkommen, wenn wir die Arbeitsleistung bei anderen Arten der Muskeltätigkeit und die maximalen Gesamtleistungen des Arbeitstages besprechen werden. Die Zuntzschen Zahlen sind um mehr als die Hälfte kleiner als die nach Marey und Demeny berechneten. Die Zahl von etwa 20000 mkg auf die in einer Stunde zurückgelegten 4800 m ergibt auf das Meter Weg (s. oben den Sauerstoffverbrauch) etwa 4 mkg Arbeitsleistung, die weniger als dem hundertsten Teile einer Wärmeeinheit (großen Kalorie) entsprechen (s. S. 6), oder bei Annahme eines Nutzeffektes von 30 % etwa 30 kleinen oder Tausendstel Wärmeeinheiten Gesamtenergieumsatz! Für das Kilogramm Körpergewicht kämen so etwa eine halbe kleine Einheit Energieumsatz heraus (s. unten).

Natürlich werden die Werte mit den „physiologischen Bedingungen" sehr schwanken müssen: hierher gehört Individualität, Gesundheit, Grad der Übung und Ermüdung und vor allem auch Klei-

dung, Belastung und Witterungsverhältnisse, vor allem Außentemperatur und Luftfeuchtigkeit.

Der Einfluß dieser Faktoren, der besonders auf die Marschleistungsfähigkeit des Soldaten von größtem Einflusse sein muß, ist dementsprechend auch von Zuntz und Schumburg in ihren Respirationsversuchen zur Physiologie des Marsches aufs genaueste gewürdigt worden.

Sie stellen aus ihren Ergebnissen berechnete Werte bei den beiden Versuchspersonen P und B in folgender Weise zusammen, die diesen Einfluß sehr deutlich erkennen läßt:

Es leisteten pro Kilogramm Körpergewicht und Kilometer Weg	frisch	ermüdet
	mkg Arbeit	
Versuchsperson P		
bei 31 kg Belastung	73,45	84,14
= 22 = =	67,7	71,1
halbnackt	67,4	
desgleichen Versuchsperson B		
bei 31 kg Belastung, fußkrank	83,1	90,8
desgleichen, gesund	65,8	68,8
Versuch bei größerer Geschwindigkeit		
bei 22 kg Belastung	78,3	
halbnackt	70,4	

Daß durch Schmerzen, insbesondere Erkrankung der Füße, sowie durch Ermüdung die Anstrengung, der Arbeitsaufwand steigt, hängt aufs innigste mit dem physiologischen Funktionieren des Muskel- und Nervensystems zusammen und wir werden die Beteiligung des letzteren unten ausführlicher zu besprechen haben. Daß die Belastung eine Rolle spielt, ergibt sich zunächst aus der einfachen Überlegung, daß die Traglast als zu bewegende Masse zu dem Körpergewicht in nacktem Zustand hinzukommt.

Daß durch geeignete Verteilung derselben auf den Körper indessen die Anstrengung bedeutend vermindert werden kann, zeigt die erste der obigen Zusammenstellungen, bei der der Arbeitsaufwand in halbnacktem Zustande kaum geringer war, als bei der auf 22 kg verminderten feldmarschmäßigen Ausrüstung, während die volle Bepackung mit

31 kg gegenüber der verminderten von 22 überall eine bedeutende Vermehrung der Anstrengung kostete.

Zu vollem Ausdruck kommt solche Bepackung als Last natürlich immer dann, wenn sie gehoben wird, indem der Betreffende mit ihr eine Treppe, Leiter oder einen Berg erklimmt. Wo dabei, wie meist beim Bergsteigen und bei Märschen in ansteigendem Gelände, Weg zurückgelegt wird, summiert sich die der Hebung der Last auf die betreffende Höhe $p \times h$ entsprechende Arbeitsleistung zu derjenigen, welche durch das Marschieren auf entsprechendem, aber ebenem, horizontalem Wege geleistet würde. Wir haben bereits gesehen, daß aus den Respirationsversuchen sich für das Meter Weg und Kilogramm Körpergewicht ein Energieaufwand von etwa einem halben Tausendstel Wärmeeinheit oder „kleinen Kalorie" berechnete. Man hat solche Versuche an Menschen und Tieren angestellt, die man auf einer durch einen Motor dem Gehenden entgegenbewegten Tretbahn gehen ließ; die Neigung dieser Bahn läßt sich durch Verstellen von Null (gleich ebener Weg) zu beliebigen Winkeln verändern, so daß auf den Meter Weg eine ablesbare Steigarbeit dazugeleistet werden kann. Durig fand so unter Annahme eines Wirkungsgrades oder Nutzeffektes von 29,5 % (s. früher) bei horizontalem Gang pro Kilogramm Körpergewicht und Meter Weg im militärischen Marschtempo für Geübte einen Aufwand von genau 0,5 kleiner Kalorie, und für 1 mkg Steigarbeit von **7,9** kleinen Kalorien, Zuntz die wenig davon abweichenden Werte von 0,55 und 7,5 kleinen Kalorien. Auf diese Weise würde bei Geschwindigkeit von 75 m in der Minute (4½ km in der Stunde) auf einem Weg von 10 % Steigung (1 m Steigung auf 10 m Weg) sich berechnen pro Kilometer Weg:

für das horizontale Vorwärtskommen

$80 \times 0{,}55 \times 1000 = 44000$ kleine oder 44 große Kalorien

für die Steigarbeit

$80 \times 100 \times 7{,}5 = 60000$ " " 60 " "

In Summa also 104 große Kalorien, zu deren Erzeugung z. B. die Verbrennung von etwa 12 g Fett nötig wäre, und in der Stunde 468 solcher Wärmeeinheiten, in 6 Stunden schon nahe 3000, also ebensoviel wie der normale Umsatz des gesunden, keine anstrengende Arbeit leistenden Menschen in 24 Stunden beträgt!

Wir werden auf die Leistung in einem Arbeitstag und auf innerhalb eines Tages mögliche und beobachtete sportliche und maximale Lei-

stungen mechanischer Arbeit zurückkommen können, wenn wir neben diesen einfachen Formen derselben durch horizontales Gehen und Steigarbeit noch auf einige Bewegungsformen kurz eingehen, die ins sportliche, ins Gebiet der Leibesübungen hinüberspielen[1]).

Um zunächst bei der Steigarbeit zu bleiben, so versteht es sich wohl fast von selbst, daß beim eigentlichen Bergsport die geleistete Arbeit durchaus nicht nur dem Produkt aus der erreichten Höhe und Körpergewicht, vermehrt um die bei gewöhnlichem Gehen auf die zurückgelegte Distanz zu rechnende Leistung, gleichzusetzen ist. Jeder weiß, daß das Herabsteigen sehr anstrengend sein kann, oft mehr noch als das Aufwärtsklimmen: wir können von einer Bremsarbeit der Muskulatur sprechen, die der Beschleunigung des Falles entgegenwirken muß. Bei den schwierigen Klettertouren des Bergsports, der besondere Übung, besondere Schulung der Sinnesorgane erfordert und nicht jedermanns Sache ist, ist geschicktes Zusammenwirken der verschiedensten Muskeln aller Extremitäten und des Rumpfes vonnöten; von der aller Geschicklichkeit zugrunde liegenden Innervationstätigkeit wird ja noch die Rede sein, aber schon die rein mechanische Muskelleistung in Meterkilogramm ist beim Bergklettern durch diese Beteiligung vieler Muskeln sehr hoch. Endlich spielen aber die physikalischen und chemischen Bedingungen eine große Rolle, die das Höhenklima als solches setzt. Leichtere Ermüdbarkeit gehört zusammen mit Steigerung der Pulsfrequenz, Herzschwäche, Atemnot, Schwindel und Verdauungsstörungen zu den Erscheinungen der sogenannten Bergkrankheit, welche den Bergsteiger in Höhen von 3000 m über dem Meeresspiegel an (besonders empfindliche schon früher) befallen kann, und zwar erfahrungsgemäß um so eher und in schwererer Gestalt, je anstrengendere Arbeit durch Klettern und Lasttragen erfordert wird. Trotz zahlreicher und umfangreicher Forschungen, die diesem Gegenstande in den letzten Jahrzehnten gewidmet worden sind, scheinen die Grundursachen der Bergkrankheit noch nicht völlig geklärt zu sein. Zweifellos muß die Behinderung der Atmung durch die mit zunehmender Höhe steigende Verdünnung der Luft eine Hauptrolle spielen; und die Tatsache, daß angestrengtes Steigen die Erscheinungen der Bergkrankheit verstärkt oder geradezu erst hervorruft, Ausruhen sie bessert, scheint mit vielen anderen Gründen sehr für die Richtigkeit der chemi-

1) Näheres über die Physiologie und Hygiene derselben siehe in: R. Zander, Die Leibesübungen (AlluG Bd. 13).

schen Erklärungen zu sprechen, welche dahin gehen, daß in der stark verdünnten Luft, die absolut (pro Raumteil) dementsprechend weniger Sauerstoff enthält als die Luft unten im Tale (in Meereshöhe etwa $^1/_5$ von 1,45 g Sauerstoff pro Liter!), nicht genügend Sauerstoff ins Blut aufgenommen werden kann, um die Oxydationsvorgänge in den Geweben, insbesondere den stark arbeitenden Muskeln und Drüsen zu unterhalten. Es erscheint aber nicht ausgeschlossen, daß die rein mechanisch durch die Verdünnung der äußeren Luft gegenüber gleichbleibenden Spannungsverhältnissen im Innern gesetzte Behinderung der Blutbewegung auch eine gewisse Rolle spielt. Jedenfalls haben die zahlreichen in Höhen bis 4500 m über dem Meere angestellten Respirationsversuche eine bedeutende Steigerung des Energieumsatzes schon in der Ruhe erkennen lassen, die der Steigerung der Pulszahl, Atemzugzahl und -tiefe in solchen Höhen entspricht; dementsprechend ist auch der Aufwand für gleiche Muskelleistungen oben größer als unten.

Der Vergleich mit den modernen auf Rädern rollenden und von Kraftmaschinen der Technik angetriebenen Verkehrsmitteln bestätigt rechnerisch, was schon die Betrachtung der Bahnkurven der wichtigen Körperpunkte (s. oben), ja selbst die bloße Anschauung und allgemeine Überlegung lehrt, nämlich, daß die natürliche Ortsbewegung des Menschen und der Tiere zu Lande durch die stützenden und gegen die Unterlage stemmenden Extremitäten verhältnismäßig verschwenderisch mit der Arbeitskraft der Muskeln umgeht, während die Kraft der Wärme- oder Elektromotoren bei jenen Verkehrsmitteln viel besser ausgenutzt wird. Die letzten Jahrzehnte des vergangenen Jahrhunderts haben ein Hilfswerkzeug zur höchsten Vervollkommnung gebracht, welches die Arbeitskraft der Muskeln jenen ähnlich in viel vorteilhafterer Weise zu verwerten gestattet und daher heutzutage zu einem im Volke weitverbreiteten Verkehrsmittel geworden ist, nämlich das Fahrrad. Indem hier die Beinstreckmuskeln durch ein Kurbelgetriebe Vorwärtsbewegung mit rollender Reibung bewirken, die außerdem noch durch geeignete Anordnung aufs äußerste Maß verringert ist, unter gleichzeitiger Verminderung der Erschütterungen durch die Luftreifen, sind die schädlichen Faktoren der ruckweisen Beschleunigung, der lotrechten und seitlichen Schwankungen usw. so gut wie aufgehoben und die Muskelkraft kommt voll dem eigentlichen Zwecke der Beförderung nach vorwärts zugute.

Versuche, die beim Radfahren geleistete mechanische Arbeit direkt zu messen, sind vielfach gemacht worden und haben schließlich auch zu Werten geführt, die nicht mehr, wie frühere, den Stempel der Unwahrscheinlichkeit tragen, aber aus gewissen Gründen kleiner sind als diejenigen, die mittlerweile (durch L. Zuntz) auf dem Wege des Respirationsversuchs mit auf dem Rade tragbarem Apparat erhalten wurden[1]). Es ergab sich in diesen, daß bei einer Fahrgeschwindigkeit von 9 km in der Stunde auf ebener Bahn ohne Gegenwind pro Kilometer 20 große Kalorien umgesetzt wurden, also weniger als die Hälfte wie beim Marschieren mit einer Geschwindigkeit von $4^1/_2$ km, obwohl in der Zeiteinheit der doppelte Weg zurückgelegt wurde! Es bedeutet also das Fahrrad als bequemes Verkehrsmittel, sobald keine größere Geschwindigkeit erreicht werden soll, eine nicht zu unterschätzende Zeit- und Kraftersparnis!

Es wird dies aber mit zunehmender Geschwindigkeit anders; nach L. Zuntz' Untersuchungen war schon für die Geschwindigkeit von 15 km in der Stunde 9 % mehr Arbeit notwendig als für das stramme Marschtempo von 6 km in der Stunde. Und für das Radfahren mit einer Geschwindigkeit von 21 km in der Stunde war hinwiederum die doppelte Arbeit notwendig wie bei 15 km in der Stunde! Das heißt also, daß der Arbeitsaufwand mit dem Qua-

1) Die direkte Messung der Arbeit beim Radfahren ist versucht worden: 1. durch Einschaltung eines Dynamometers zwischen Fußsohle und Tretkurbel; 2. durch Messung der größten Geschwindigkeit, welche ein mit dem Fahrer hinunterrollendes Rad auf einer schiefen Ebene von bestimmter Neigung erreicht: dann sind nämlich die beschleunigenden Kräfte mit den Widerständen gerade im Gleichgewicht und die Arbeit der Schwere ist gleich der bei der betreffenden Geschwindigkeit zur Überwindung der Maschinenreibung und des Luftwiderstandes notwendigen Tretarbeit. Zu dieser „nutzbaren Arbeit" kommt noch auch hier unvermeidlich verschwendete Arbeit infolge von Erschütterungen und Verbiegungen der Maschine und infolge des Umstandes, daß zu einer gewissen Zeit die Muskeln der beiden Beine geradezu gegeneinander arbeiten; es hängt dies von der Art des Tritts ab, worüber besondere Untersuchungen vorliegen. 3. hat man den Radfahrer durch ein Motorfahrzeug schleppen lassen, dabei in das Schleppseil ein elastisches Verbindungsstück und ein Dynamometer eingeschaltet, welches die Veränderungen der Spannung in ähnlicher Weise in Kurvenform auf einer Trommel aufschrieb, wie dies bei dem Mareyschen Sprungversuch auf S. 39 angedeutet ist. Der Mittelwert der von dieser Vorrichtung aufgeschriebenen Spannung wurde der Berechnung der bei der jeweiligen Fahrgeschwindigkeit geleisteten nutzbaren Arbeit zugrunde gelegt.

drate der Geschwindigkeit zunimmt (21 × 21 ist 441, etwa das Doppelte von 15 × 15 = 225), eine Tatsache, die schon bei der Arbeitsermittlung beim Gehen und Laufen sich zeigt und welche dem Kraftmaschinentechniker von Lokomotiv- und Automobilleistungen her ganz geläufig ist: sie hängt damit zusammen, daß mit zunehmender Geschwindigkeit eines Fahrzeugs, zumal wenn es mit geringer Reibung gegen die Unterlage sich bewegt, der Hauptanteil des zu überwindenden Widerstandes immer mehr durch die Luft geleistet wird, und in letzter Linie damit, daß die kinetische Energie — lebendige Kraft, Fähigkeit, Arbeit zu leisten — eines in Bewegung befindlichen Körpers seiner Masse direkt und dem Quadrate der Bewegungsgeschwindigkeit proportional ist: $U = \frac{1}{2} m v^2$.

Daß beim Radfahren mit 21 km in der Stunde Geschwindigkeit der doppelte Stoffumsatz nötig ist wie beim Marschieren mit 6 km in der Stunde, mag manchem seltsam vorkommen, wird aber begreiflich, wenn man bedenkt, daß es sich um die Tätigkeit fast ausschließlich der an sich sehr kräftigen Streckmuskeln des Beines handelt, welche durch den noch näher zu erörternden Vorgang der Übung zu sehr hoher Leistungsfähigkeit gebracht werden und dabei an Umfang gewaltig zunehmen. Daß das Material für den erhöhten Umsatz vom Kreislauf bewältigt werden muß und dadurch die Gefahr der Überanstrengung des Herzens vorliegt, trifft für das Radfahren deswegen besonders zu, weil selbst bei außerordentlichen Leistungen einer stark geübten und vergrößerten Muskelgruppe das Ermüdungsgefühl in derselben sehr zurücktritt. So können anscheinend ohne besondere Ermüdung noch höhere Geschwindigkeiten — ohne den Luftwiderstand abfangenden „Schrittmacherapparat" bis zu 45 km in der Stunde und mehr — zu Rade erreicht und Tagesleistungen erzielt werden, deren Gesamtwert in Arbeitseinheiten außerordentlich hoch ist und unten mit solchen anderer Art noch abgeschätzt und besprochen werden wird.

Eine Ortsbewegung, für welche der Mensch als Landtier an sich nicht eingerichtet ist, deren Erlernung und Ausübung indessen als Leibesübung wie zu Rettungszwecken außerordentlich nützlich und dienlich ist, ist das Schwimmen im Wasser. Die dabei ausgeführten Bewegungen der Extremitäten sollen einerseits den Körper am Untersinken verhindern, bzw. ihm eine zweckmäßige Lage im Wasser erteilen, bei welchem die Eingänge zu den Speise- und At-

mungswegen, sowie die Sinnesorgane am Kopfe über Wasser liegen, andererseits dienen sie nach Art von Rudern oder Flossen der Ortsbewegung selbst, und zwar auch hier dadurch, daß sie sich abwärts und rückwärts gegen die Unterlage oder das umgebende Mittel stemmen: dieses ist aber nicht fest, sondern tropfbar flüssig und weicht aus; darum ist zur Erzielung der nötigen ruckweisen Beschleunigung, die durch die Reibung im Wasser schnell wieder verloren geht, jedesmal eine gehörige Muskelanstrengung notwendig. Die Reibung im Wasser behindert aber auch diejenigen Bewegungen, welche zur Rückführung der Extremitäten in die Ausgangslage ausgeführt werden müssen und bewirkt, daß diese, trotzdem sie langsamer vor sich gehen, einen recht bedeutenden Anteil der Gesamtarbeit erfordern. Für diese hohe Gesamtanstrengung ist tiefes Atmen und starke Herztätigkeit vonnöten, die ihrerseits wieder durch den auf dem Körper lastenden Wasserdruck behindert werden. Das Schwimmen als Leibesübung gestaltet sich auf diese Weise, wie R. du Bois-Reymond ausgeführt hat, zu einer hervorragenden Atemgymnastik, stellt aber eine wenig sparsame Art der Ortsbewegung vor, bei der verhältnismäßig geringe Geschwindigkeiten mit hohem Aufwand an Stoff- und Kraftumsatz erreicht werden.

Viel höhere Geschwindigkeiten werden durch Rudern möglich, bei welchem die gegen das Wasser rückwärts sich stemmenden Flächen durch die Tätigkeit der Arm- und Rumpfmuskeln die Vorwärtsbewegung des Bootes und Insassen bewirken. Bei Rennbooten mit Rollsitz und Ausleger kann allerdings Mitbeteiligung auch der Beinmuskulatur und zweckmäßigere Hebelwirkung erzielt werden.

Versuche absoluter Messung der Arbeitsleistung beim Schwimmen und Rudern liegen nicht vor; der Luftwiderstand tritt bei beiden zurück gegenüber dem Wasserwiderstand; was das Verhalten des letzteren anlangt, so wird man nach den Erfahrungen der Dampfschiff- und Motorboottechnik ohne weiteres annehmen dürfen, daß der Arbeitsaufwand auch der Muskeln beim Schwimmen und Rudern mit dem Quadrate der Geschwindigkeit zunimmt, so daß beim Wettrudern mit Rennbooten Arbeitswerte erreicht werden, die hinter denjenigen der Schnelläufer und Radrennfahrer kaum zurückbleiben.

Kaum geringer als die in der Zeiteinheit bei Ortsbewegung und Leibesübungen geleisteten Arbeitsmengen dürften die vom körperlichen Arbeiter bei „schwerer" Arbeit geleisteten sein. Es liegen hier zum Teil nicht einmal Schätzungen, geschweige denn die mit

tragbaren Respirationsapparaten immerhin denkbaren direkten Messungen vor. Daß sie für schwere Feldarbeit, für Lasttragen und die schweren Hantierungen des Baugewerbes gehörige Zahlen von Meterkilogrammen in der Stunde ergeben würden, daran kann nicht gezweifelt werden. Bei manchen Arbeiten werden bestimmte Muskelgruppen besonders angestrengt, so bei Schmieden, Schlossern, Fleischern sehr vorwiegend die Armmuskulatur, die dabei ähnlich wie etwa die Beinmuskeln bei Radrennfahrern zu einer einseitigen Vergrößerung und enormem Umsatz gelangen, der wieder vom Atmungs- und Kreislaufapparat vermittelt werden muß und z. B. bei Fleischern nicht selten zu Herzschädigungen führt.

Für den mechanischen Arbeitsaufwand bei reiner Handwerkstätigkeit liegen einige Grundlagen vor in den Ergebnissen von Versuchen, welche Wolpert und Rubner angestellt haben, indem sie die Kohlensäureausscheidung (durch Einschließung in einen Respirationsapparat mit Kammer, die durch einen Luftstrom ventiliert wird, s. oben) bei Handwerkern einmal im Ruhezustande, das andere Mal während ihrer gewöhnlichen Tätigkeit, die in der Respirationskammer ausgeübt werden konnte, bestimmten: Gegenüber dem Ruhezustande stieg die Kohlensäureausscheidung

bei einer	Handnäherin	um 13 %
= einem	Schreiber	= 17 %
= =	Schneider	= 22 %
= =	Damenschuhmacher	= 47 %

Da, wie wir oben gesehen haben, bei einem respiratorischen Quotienten von 0,8 im gewöhnlichen Ruhezustande in der Stunde 32 g Kohlensäure erzeugt oder fast ebensoviel Gramm Sauerstoff verbraucht wird, können wir nach obigen Daten die geleistete mechanische Arbeit schätzen. Wir wollen dabei erwähnen, daß Katzenstein gefunden hat, daß bei der Arbeit des Raddrehens pro Meterkilogramm Arbeit der Sauerstoffverbrauch nahezu 2 ccm betrug, mehr als beim Steigen, indem offenbar der Nutzeffekt bei dieser der menschlichen Armmuskulatur weniger angepaßten Tätigkeit weniger gut ist. Nehmen wir an, daß auch bei der Handwerkstätigkeit der Nutzeffekt sich ähnlich stellt, also je 2 ccm Sauerstoff pro Meterkilogramm Arbeit verbraucht werden, welche 2,9 oder rund 3 mg wiegen, so würden unter Berechnung der Prozente von 32 g Sauerstoff als Stundenumsatz im Ruhezustande herauskommen

für	Mehrverbrauch	an Sauerstoff gleich Arbeit pro Stunde
die Handnäherin	4,16 g	1390 mkg
den Schreiber	5,44 =	1810 =
den Schneider	7,04 =	2350 =
den Damenschuhmacher	9,04 =	3010 =

Auch die letztgenannte, anstrengendste, Arbeit würde noch nicht der bei Zurücklegung eines Weges von nur einem Kilometer in der Stunde von einem Erwachsenen mittleren Gewichts geleisteten entsprechen, wenn wir pro Kilogramm eine Leistung von 70 mkg und ein Körpergewicht von 70 kg ansetzen, woraus sich 4900 mkg ergeben! Es sind das eben Handwerke mit leichter „Arbeit" im Vergleich zu den oben betrachteten[1]).

Während bei ihnen in zehnstündiger Arbeitsdauer Tagesarbeitswerte von 14000 bis 30000 mkg sich berechnen, würden bei einem Tagesmarsch von 40 km, die sich mit Pausen auch auf etwa 10 Stunden verteilten, rund 200000 mkg geleistet! Dasselbe Ergebnis können wir für eine Tagestour auf dem Fahrrade erhalten, die in der-

1) Blix hat einige Angaben verschiedener Beobachter zusammengestellt, welche Maximalleistungen des Menschen betreffen, ausgedrückt in Meterkilogrammen in der Sekunde, die in längeren oder kürzeren Zeiträumen tatsächlich geleistet worden sind. Die zuletzt genannten, die bis über eine Pferdestärke hinausgehen, betreffen naturgemäß nur ganz kurze Zeiträume von nur wenigen Sekunden. (Vgl. das oben S. 37 über die Mareyschen Schätzungen der Bewegungsarbeit Gesagte.)

Art der Arbeit	Dauer	mkg pro Sekunde Leistung
Berg- und Treppensteigen	8 Stunden	10,5
Als Träger	8 =	11,0
Stationäres Fahrrad	3 =	13,6
Mit der Handkurbel	1½ =	12,5
desgl.	41 Minuten	13,5
desgl.	30 =	12,5
desgl.	15 =	17,0
Wettrudern	7 =	18,7
Mit der Handkurbel	5 =	19,5
Mit der Spritze	2 =	28,6
desgl.	2 =	30,0
Mit der Handkurbel	1½ =	27,7
Ziehen	48 Sekunden	30,0
Treten	30 =	60,9
Treppensteigen ohne Last	4 =	101,2
Treppensteigen mit Last	4 =	95,4

selben Zeit bei einem mäßigen Tempo ausgeführt und bei der im ganzen etwa 100 km zurückgelegt werden, und auch für die Formen schwererer Arbeit, wie sie das Schmiedehandwerk, durchschnittliche Feldarbeit usw. darstellen, werden wir 200000 mkg als Leistung eines „Normalarbeitstages" annehmen dürfen, ohne wenigstens in der Größenordnung sonderlich fehl zu gehen.

Es kann aber kein Zweifel darüber herrschen, daß vielfach, und zwar nicht nur an einzelnen Tagen, sondern wo es Umstände gebieten, auch während längerer Perioden, weit höhere Tagesarbeitswerte erreicht werden. Die Erntezeit für den Feldarbeiter, Zeiten besonders angestrengter Tätigkeit bei Lastträgern in Häfen und Großstädten, und gar manche andere Berufe dürften ebensogut wie der Sport Tagesleistungen bis zu einer halben Million und noch mehr Meterkilogramm zeitigen. Bei Radrennen, zumal solchen, wo die Pedalarbeit mit kürzesten Pausen Tag und Nacht hindurch fortgesetzt wird, seien es Straßenrennen oder sogenannte Mehrtagerennen, dürfte angesichts der erreichten hohen Geschwindigkeiten (bis 40 km ohne Schrittmacher) die Leistung pro Kilometer und Kilogramm Körpergewicht kaum unter 140 mkg anzusetzen sein; nimmt man innerhalb 24 Stunden eine zurückgelegte Strecke von 600 km an (was hinter den vorhandenen „Streckenrekords" noch weit zurücksteht) bei einem Körpergewicht von 70 kg, so beträgt die Leistung rund 600000 mkg. Nicht minder groß dürften die maximalen Leistungen beim Bergsport sein, zumal bei Führern und Trägern. Ist doch rein mechanisch berechnet als Produkt von Steighöhe und Last, ohne die horizontal zurückgelegte Strecke und alle die oben erwähnten Eigenheiten des Bergkletterns zu berücksichtigen, für die Heraufbringung eines 70 kg schweren Menschen nebst 30 kg Traglast von einem 1000 m über dem Meere belegenen Tale auf einen 4500 m hohen Berggipfel die Arbeitsleistung schon 350000 mkg!

Ganz gewaltig sind die Anforderungen an die Muskelarbeit beim Krieger im Manöver und im Felde. Der jetzige Feldzug hat bereits Riesenleistungen in Gewaltmärschen, Transportleistungen, Bedienung der Geschütze usw. gezeitigt, die allen unseren Gegnern die Bewunderung der deutschen Stärke wenn auch sehr wider Willen abgezwungen haben, und von deren mechanischer Bewertung sich sicher soviel sagen läßt, daß auch sie die halbe Million Meterkilogramm innerhalb 24 Stunden sicher erreichen und vielfach übersteigen.

Fünfter Abschnitt.

Methodik der Übung und des Lernens. Rolle des Nervensystems. Nervenfunktion und geistige Arbeit. Frage der Meßbarkeit derselben. Erhöhung der Leistungsfähigkeit mit der Fortentwicklung der Menschheit.

Es ist schon früher von den Erscheinungen der Ermüdung und Erholung die Rede gewesen, und von dem Mossoschen Ergographen als Mittel, ihren Verlauf beim Menschen kurvenmäßig darzustellen. Wird dabei der die betreffenden Muskeln versorgende Bewegungsnerv rhythmisch elektrisch gereizt, so wird der Ermüdungsvorgang des Muskels selbst verzeichnet, und es gelingt so, wenngleich unter bedeutender Schmerzhaftigkeit, Zusammenziehung noch zu erzielen, wenn nach längere Zeit rhythmisch ausgeführten willkürlichen Zusammenziehungen solche auf willkürlichem Wege nicht mehr zu erzielen sind. Es ermüdet also das Zentralnervensystem schneller als der Muskel und der peripherische Nerv. Für beide aber gilt die Tatsache, daß durch Arbeitspausen Erholung stattfindet, indem während dieser die Schlacken des Stoffwechsels hinweg- und neues Umsetzungsmaterial zugeführt wird. Je länger die Pausen zwischen den einzelnen Zusammenziehungen beim Ergographenversuch sind, und je kleiner die bei jeder Zusammenziehung zu hebende Last oder der zu überwindende Widerstand, desto mehr verspätet sich das Absinken der Ermüdungskurve, je kürzer die Pausen und je größer die Last oder der Widerstand, desto steiler fällt sie ab und desto schneller tritt vollständige Erschöpfung ein. Je länger die größere Pause ist, die man einer solchen Erschöpfung folgen läßt, desto vollständigere Erholung tritt ein: bei unvollständiger Erholung sind höchstens die ersten Zusammenziehungen ebenso bedeutend wie beim frischen Versuch, oder nicht einmal diese, und der Abfall zur Erschöpfung tritt schneller ein als bei diesem. Wiederholt man ergographische Versuche tagelang hintereinander, bei passender Belastung, in passendem Rhythmus und mit genügenden Erholungspausen, so beobachtet man, daß die Hubhöhen allmählich steigen und die Ermüdung allmählich langsamer eintritt, die Kurven weniger steil absteigen, die Erschöpfung sich verspätet: die Muskulatur resp. das motorische System wird *leistungsfähiger*, ein Vorgang, der aus dem täglichen Leben für

alle Verrichtungen, besonders aber für Leibesübungen und Militärdienst wohlbekannt ist und als Übung bezeichnet wird.

Wie beträchtlich die Zunahme der Leistungsfähigkeit der Muskeln durch Übung sein kann, lehrt die tägliche Erfahrung auf allen Gebieten des Lebens, in den Berufen, wie insbesondere auf dem Gebiet der Leibesübungen, das für die Gesundheit und Wehrhaftigkeit eines Volkes von so großer Bedeutung ist. Schlagend sind Beispiele, wie sie öfter mit der ergographischen Methode gewonnen und in Gestalt von Übersichtskurven auf den ersten Blick einleuchtend dargestellt worden sind: So wurde in einem Versuche von Peder mit einem von Johansson veränderten Ergographen, welcher die Gesamtmuskulatur beider Arme betätigen läßt, ein Gewicht von 2 kg alle zwei Sekunden so hoch wie möglich gehoben und damit bis zur Erschöpfung fortgefahren. Nach einer Ruheperiode von 3 Minuten wurde das nämliche wiederholt und so fort an jedem Tage 20 Arbeitsperioden. Es ergab sich, daß auf diese Weise am ersten Tage nur 4000 mkg, am zweiten Tage gar nur 2000 mkg geleistet wurden. Von da ab stieg die Leistung ununterbrochen an, bis nach 50 Tagen an einem Tage 28000 mkg auf diese (unnatürlich ermüdende und nur bestimmte Muskeln betreffende) Weise geleistet wurden: s. die Kurve Fig. 14. Wurde die Übung während der Zeit von einer Woche unterbrochen, so sank die Leistung auf $^2/_3$ des am letzten Arbeitstag erreichten Wertes herunter, blieb aber bei einmal wöchentlicher Ausführung auf dieser Höhe stehen. Nach einer weiteren Pause von zwei Wochen war die Abnahme bis auf 37 % gegangen und hatte nach einer zweimonatlichen Unterbrechung schließlich eine Leistungsfähigkeit von nur 29 % des erreichten Maximums hinterlassen. Die durch Übung erlangte Leistungsfähigkeit geht also nur verhältnismäßig langsam zurück, wie z. B. Radfahrer, die etwa nur

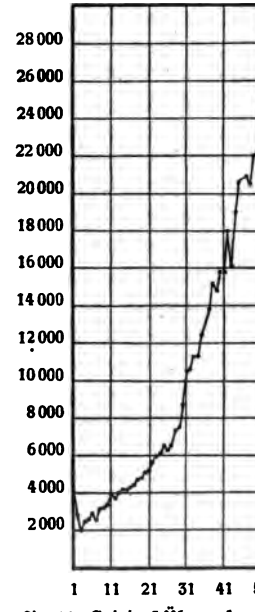


Fig. 14. Original-Übungskurve. Nach Peder. Die Abszissen bedeuten Tage, die Ordinaten Meterkilogramm.

einmal in der Woche eine größere Tour fahren, es wohl an sich erfahren.

Insofern es sich dabei um die Zunahme der Leistungsfähigkeit eines bestimmten Muskels oder einer Muskelgruppe handelt, in dem Sinne, daß seine mechanische Leistungsfähigkeit, ausdrückbar in Meterkilogrammen in der Zeiteinheit, sich vergrößert, geht die Übung des Muskels stets einher mit Zunahme seiner Masse, die bei mikroskopischer Untersuchung sich darstellt als Vergrößerung jeder einzelnen Muskelfaser. Erreicht diese Massenzunahme hohe Grade, wie in den schon besprochenen Fällen, wo bei Vertretern bestimmter Berufsarten oder Leibesübungen bestimmte Muskelgruppen ausschließlich geübt werden, so spricht man von Arbeitshypertrophie, das heißt Übernährung der betreffenden Muskeln. Es ist damit schon ausgedrückt, daß dem Muskel, der geübt wird, nicht nur in erhöhtem Maße Betriebsmaterial zugeführt wird, sondern auch aus der zugeführten Nahrung „Ansatz" von Baumaterial in Gestalt lebendiger, sich zusammenziehender Substanz stattfindet.

Daraus ergeben sich Regeln, welche für den praktischen Betrieb des Übens, sei es von Menschen, sei es von Arbeitstieren, für den Beruf von jeher unwillkürlich befolgt worden sind, für den Betrieb der Leibesübungen aber, das „sportliche Trainieren", in neuerer Zeit so ausgebildet worden sind, daß besondere Personen sich mit ihrer Anwendung, mit der Beaufsichtigung ihrer Innehaltung durch die übenden Tiere und Menschen, befassen: neben der richtigen allmählichen Steigerung der zu bewältigenden Aufgaben, der Innehaltung des richtigen Taktes der Bewegungen und der richtigen Erholungspausen, spielt hier natürlich auch die Art und Menge der Nahrung eine bedeutende Rolle. Alles dieses sind Dinge, auf welche auch die modernen Heeresverwaltungen von jeher ihr möglichstes Augenmerk gelenkt haben, und denen für möglichste Erhöhung der Leistungen des Arbeiterstandes wie des ganzen Volkes und deren Gesunderhaltung größte Bedeutung zukommt. Dabei spielt indessen nicht der Muskel als einziges Organ seine Rolle, wie wir schon aus folgenden wichtigen Betrachtungen einsehen werden: die dem übenden Muskel notwendige vermehrte Nahrung, mit ihr auch der Mehrbedarf an Sauerstoff, ebenso die vermehrten abzuführenden Schlacken setzen notwendig eine Verstärkung des den Muskel durchfließenden Blutstroms voraus. Diese Verstärkung erfolgt, wie man schon lange weiß, durch

Erweiterung der Blutgefäße im Muskel, und diese wieder durch die Tätigkeit der gefäßerweiternden Nerven. Wie diese Gefäßnervenwirkung von den Vorgängen im Zentralnervensystem abhängt, insbesondere wie sie mit den Vorgängen im Gehirn zusammenhängt, die die willkürliche Innervation der Skelettmuskeln bewirken, dieses Gebiet ist neuerdings besonders von E. Weber studiert worden. Dieser Forscher hat dabei einige Tatsachen gefunden, welche jedenfalls äußerst interessant sind und ihn dazu geführt haben, eine Methode vorzuschlagen, von der eine Erhöhung der muskulären Leistungsfähigkeit durch Beeinflussung der Blutdurchströmung des Muskels selbst zu erwarten ist: Bei intensiver Tätigkeit eines Muskels oder einer Muskelgruppe, etwa der Beinstrecker oder Armbeuger der einen Seite tritt Gefäßerweiterung nicht nur in diesen Muskeln, sondern auch in den anderen Muskeln des Körpers auf. Kommt es andererseits in einem Muskel oder einer Muskelgruppe zu starker Ermüdung, so tritt hier an Stelle der Gefäßerweiterung eine Gefäßverengerung; die Ernährungsbedingungen, die Möglichkeit der Abfuhr der „Ermüdungsprodukte" werden also schlechter. Wird aber ein anderer Muskel oder eine andere Muskelgruppe kräftig bewegt, so kommt es nicht nur in dieser, sondern auch in der ermüdeten Muskulatur zur Gefäßerweiterung, die also die Ermüdungsprodukte schneller fortzuschaffen ermöglicht: in der Tat ergaben ergographische Versuche, daß durch Einschaltung von Perioden rhythmischer Zusammenziehung einer anderen Muskelgruppe, etwa eines Bizeps, schnellere und vollständigere Erholung, damit in einem längeren Zeitraume größere Leistung der am Ergographen arbeitenden Muskelgruppe, etwa der Wadenmuskulatur eines Beines, erzielt werden konnte. Es ist klar, daß die Anwendbarkeit einer solchen „Erhöhung der Leistungsfähigkeit menschlicher Muskeln" auf die Praxis des täglichen Lebens, sei es körperliche Arbeit im bürgerlichen Leben, sei es militärische Leistung, von allergrößter Bedeutung wäre. In der Tat sind Versuche mit dieser Methode im Heere und in der Kriegsmarine im Gange, über die bereits günstige Ergebnisse vorliegen. Vom allgemeinen physiologischen Standpunkt begegnet nun allerdings jedes derartige Unterfangen der systematischen Erhöhung der Leistungsfähigkeit grundsätzlichen Bedenken, insofern sie ohne Steigerung des Gesamtumsatzes nicht denkbar ist, dieser aber durch die Organe der Ernährung, der Atmung und des Kreislaufs erst ermöglicht werden muß, die ihrerseits vermehrte

Tätigkeit äußern müssen, was, wie wir für das Herz wissen, nicht unbedingt ohne Schädigung auf die Dauer möglich ist (s. oben).

Letzteres scheint mir auch für gewisse später näher zu besprechende in neuerer Zeit auftauchende, besonders von Amerika ausgehende Bestrebungen zu gelten, die Leistungsfähigkeit der Arbeiter zu steigern, auf einem Wege, bei dem, wie übrigens im Grunde bei jeglicher Übung, das Nervensystem sehr wesentlich mitbeteiligt ist.

Durch „Übung" wird bekanntlich nicht nur eine rein quantitative Steigerung der Leistung bei allerlei, zunächst körperlicher, muskulärer Tätigkeit erzielt, sondern viele, ja beim Menschen jede Tätigkeit, beginnend mit dem Zugreifen der Hände des Kindes, dem Gehenlernen, bis zu den höchsten Kunstfertigkeiten, wird überhaupt durch Übung erst ermöglicht, sie muß „erlernt" werden. Dies geschieht durch Zustandekommen eines Zusammenwirkens der die Muskeln und Muskelgruppen in Bewegung setzenden Nervenfasern, die als „Synergie" oder „Koordination der Bewegungen" bezeichnet wird, und dessen anatomische Grundlage im Bau des Zentralnervensystems zu suchen ist. Nach einer jetzt noch sehr verbreiteten Anschauung ist das gesamte Nervensystem aus Einheiten aufgebaut, deren jede aus einer Nervenzelle (Ganglienzelle) und ihren sich verzweigenden Ausläufern oder Fortsätzen besteht; die letzteren bilden die Nervenfasern, welche teils innerhalb des Zentralnervensystems (Rückenmark und Gehirn), teils außerhalb desselben verlaufen, und zu Bündeln vereinigt, die peripherischen Nervenstränge bilden. In diesen verlaufen sowohl Fasern, welche die durch Eindrücke von außen in den Sinnesorganen erzeugte Erregung nach den Zentralorganen leiten (zentripetale Nervenfasern) als auch solche, welche Erregung aus den Zentralorganen fortleiten nach den Muskeln und Drüsen usw. und diese in Tätigkeit versetzen (zentrifugale Nervenfasern). In den Zentralorganen erfolgt die Übertragung der Erregung von zentripetalen auf zentrifugale Bahnen derart, daß letzte Verzweigungen von Nerveneinheiten in Beziehung treten zu Ganglienzellen, deren hierzu besonders bestimmte Fortsätze sie dann weiterleiten, sei es direkt nach der Peripherie bis zum Muskel oder zur Drüse, sei es nur bis zur Ganglienzelle einer weiteren „Nerveneinheit", die sich mit ihrem entsprechenden Fortsatz als zentrifugale Nervenfaser bis zum Muskel oder zur Drüse ausdehnt. Die anatomischen Untersuchungen haben sichergestellt, daß die zu Nervenfasern werdenden

Fortsätze schon innerhalb der Zentralorgane sich verzweigen können. Es kann so eine Nerveneinheit, welche von der Außenwelt her eine Erregung zugeteilt bekommen hat, dieselbe auf mehrere, womöglich voneinander räumlich getrennte, Muskelfasern oder Drüsenzellen übertragen, andererseits können an die Ganglienzelle einer in den Zentralorganen gelegenen Nerveneinheit die letzten Verzweigungen verschiedener zentripetaler Bahnen herantreten und ihr Erregungen übermitteln, die von verschiedenen unter Umständen räumlich getrennten äußeren Eindrücken herrühren.

Der Versuch und die Überlegung zwingt uns ferner, den Nervenelementen einige besondere Eigenschaften zuzuschreiben: zwei oder mehrere Erregungen, welche derselben Nerveneinheit auf verschiedenen Bahnen zugeführt werden, können je nach Umständen sich in ihrer Wirkung gegenseitig verstärken oder abschwächen, ja ganz aufheben: Man nennt ersteres Summation, letzteres Hemmung nervöser Erregungsvorgänge. Etwas Ähnliches gilt auch für aufeinanderfolgende Erregungen in einer und derselben Nerveneinheit. Es ist unmöglich, die Erinnerungsfähigkeit der ein Nervensystem besitzenden Tiere, das menschliche Gedächtnis ohne die Fähigkeit der Nervenelemente zu verstehen, durch einmalige Erregung dauernd verändert zu werden in dem Sinne, daß die nachfolgenden Erregungen leichter aufgenommen und weitergeleitet werden. Diese Eigenschaft scheint für alle Bedingungen zu gelten, unter denen Erregung unter Vermittlung der Zentralorgane stattfindet: Wir unterscheiden die sogenannte automatische Innervation, bei welcher anscheinend ohne Anstoß von außen Muskeltätigkeit vom Zentralnervensystem aus in Gang gesetzt wird: Das einzige wirklich hierher gehörige Beispiel ist die Innervation der Atembewegungen vom verlängerten Marke aus, welche auch nach Durchschneidung aller zentripetalen Nervenfasern rhythmisch, wenn auch in stark verändertem Takte, weitergeht und auf den Reiz des Sauerstoffmangels und Kohlensäureüberschusses im Blute zurückgeführt wird. In ähnlicher Weise arbeitet auch das Herz rhythmisch weiter, wenn alle seine nervösen Verbindungen aufgehoben sind; der Ausgangspunkt der Erregung liegt in ihm selbst und es wird noch darüber gestritten, ob die betreffenden Gebilde muskulärer oder nervöser Art sind.

Diesen Fällen sogenannter Automatie stehen die weit überwiegenden gegenüber, bei denen oft sehr verwickelte Muskelleistungen durch das

Zentralnervensystem vermittelt werden, derart, daß auf einen bestimmten Eindruck von außen der Bewegungsvorgang mit maschinenmäßiger Regelmäßigkeit unfehlbar folgt: Man redet hier von reflektorischer Innervation, nennt das Ganze einen Reflexvorgang (Reflexbewegung usw.). Vermittler von Reflexen ist das Rückenmark und die inneren Teile des Gehirns. Auch Mißgeburten ohne Großhirn und geköpfte, vor allem kaltblütige Tiere können Reflexbewegungen vollführen, die sehr verwickelter und höchst zweckmäßiger, d. h. zur Erhaltung des Lebens und der Gesundheit des Individuums geeigneter, Art sind. So erfolgen Schluckbewegungen zum Teil reflektorisch; ein geköpfter Frosch, dem ein mit Essigsäure getränktes Fließpapierstückchen auf die Haut gelegt wird, entfernt dasselbe durch eine vollkommene Wischbewegung, ebenso wie wir etwa, wenn wir im Dunkeln in die Nähe eines heißen Ofens kommen, zur Seite springen, ehe wir uns dessen bewußt werden.

Die Mitwirkung des Bewußtseins unterscheidet von der reflektorischen Innervation die willkürliche, wie wir bei Tier und Mensch die vom Zentralnervensystem aus betätigte Bewegung, Handlung usw. nennen, die ohne maschinenmäßige Regelmäßigkeit einem Eindruck von außen folgt, oder scheinbar auch ohne einen solchen, vielleicht im Anschluß an lange zurückliegende Eindrücke stattfindet. Wir sagen, daß das Tier oder der Mensch das eine Mal will, das andere Mal nicht will, so oder anders sich entschließt, nach der Erfahrung des eigenen Seelenlebens, derzufolge willkürliche Handlung stets mit Bewußtseinsinhalt, mit Vorgängen des Seelenlebens verknüpft ist. Diese letzteren sind geknüpft an das Funktionieren der Nervensubstanz des Großhirns[1]), deren Aufbau und Anordnung ganz besonders verwickelt ist.

Freilich sind allerdings schon zum Verständnis von koordinierten Reflexbewegungen derart, wie wir sie vorhin angedeutet haben, recht verwickelte Verbindungen der Nerveneinheiten in den sogenannten Zentren des Rückenmarks, verlängerten Marks usw. anzunehmen; immerhin können wir uns unter Zuhilfenahme der oben angedeuteten anatomischen und physiologischen Grundeigenschaften von ihrer Anordnung eine gewisse Vorstellung machen. Viele, durchaus nicht alle, Reflexbewegungen erscheinen bei derselben Tierart ver-

1) Näheres über Bau und Funktionen des Nervensystems siehe: R. Zander, Vom Nervensystem (AMuG Bd. 48).

erbt, ja zum Teil angeboren, so das Picken der Hühner, der Kratzreflex des Hundes u. a. m. Beim Menschen, welcher noch längere Zeit nach der Geburt hilflos bleibt, als andere höhere Tiere, müssen verhältnismäßig einfache Bewegungskoordinationen, wie z. B. das Gehen, „erst erlernt werden". Bei der Erlernung, der Einübung von Synergien oder Koordinationen besteht das Wesentliche darin, daß den beteiligten Muskeln und Muskelgruppen von ihren nervösen Zentren, die Erregungen in der richtigen zeitlichen Reihenfolge und verhältnismäßigen Stärke zugeführt werden (man hat hier von der Ordnung oder Koordination noch die Stärkeregelung oder Regulation der Bewegungen unterschieden). Es ist ferner aber noch nötig, daß Muskeln, welche das Zustandekommen der gesamten Bewegung oder Handlung nur hindern würden, nicht mit innerviert werden. Der Ausschluß solcher unzweckmäßiger „Mitbewegungen" ist beim Erlernen alles Körperlichen geradezu die Hauptsache. Wie zum Eintritt der notwendigen Muskeln in Zusammenziehung in richtiger zeitlicher Aufeinanderfolge und verhältnismäßiger, am Anfang oft ungenügender Stärke, die erst durch Übung erzielt wird, ganz offenbar eine dauernde Veränderung der Nervenelemente im Sinne der leichteren Erregbarkeit (Gangbarkeit für die Erregung, sogenanntes Ausschleifen der Bahnen nach Meynert) notwendig ist, so kann andererseits die Ausschließung der hinderlichen Mitbewegungen nur durch zentrale Innervationshemmung zustande kommen. Wie die allmähliche Steigerung der Leistungsfähigkeit des Muskels mit einhergehender Arbeitshypertrophie die Grundlage der Übung des Muskels an sich, so sind zentrale Bahnung und Hemmung die Grundlage alles Lernens: des Erlernens des Gehens und anderer Bewegungsformen, des Erlernens aller Handfertigkeiten in Handwerk, Gewerbe und Kunst, wie etwa Zeichnen und Klavierspielen, der Erlernung und Förderung der Leibesübungen, vor allem der militärischen Erziehung, also jeder Art körperlichen „Drills". Aber nicht nur körperliches Erlernen, nein auch jede Möglichkeit geistiger Tätigkeit, jeder Fortschritt menschlicher Intelligenz beruht auf den nämlichen Grundvorgängen zentraler Bahnung und Hemmung. Ohne sie ist keine Aufmerksamkeit, kein Merken, Behalten, kein Überlegen und Denken möglich. Bei der Schulung des Willens, bei Geistesgegenwart, Ordnung, Gehorsam, Disziplin, spielen Hemmungsvorgänge, die Unterdrückung dessen, was nicht sein soll, die Ausschaltung all-

Eindrücke, die das Ziel des Handelns stören würden, jedenfalls eine Hauptrolle, oft eine noch größere als die Kraft der Handlung, deren Regelung durch die Innervationsstärke Sache ebenso langwieriger und schwieriger Übung sein kann, wie Herstellung des Zusammenwirkens vieler Muskeln bei den verwickeltsten Bewegungskomplexen.

Wir werden also mit Recht sagen, daß *Muskelarbeit und Muskelübung mit Nerventätigkeit auf das innigste verknüpft* ist und wir werden, nachdem wir die Bestrebungen verfolgt haben, die geleistete Muskelarbeit in den absoluten Maßen der Mechanik wenigstens annäherungsweise festzulegen, notwendig zu der Frage gedrängt, *wie weit für von dem Nervensysteme geleistete Tätigkeit auch ein Arbeitsmaß möglich ist.*

Beobachtungen, welche, in der Weise wie es für den Muskel früher auseinandergesetzt worden ist, für das Nervensystem einen selbst bei anhaltender Tätigkeit irgendwie beträchtlichen Stoffumsatz wirklich beweisen, gibt es bis jetzt nicht. Ermüdungserscheinungen haben sich an den markhaltigen Nervenfasern der höheren Tiere lange Zeit überhaupt nicht nachweisen lassen, im Gegenteil erschien ihre Unermüdbarkeit durch eine Reihe von Versuchen nachgewiesen, welche in der Art ausgeführt waren, daß eine Nervenstelle viele Stunden lang elektrisch gereizt wurde und daß die Fortpflanzung der Erregung zu den von diesen Nerven versorgten Muskeln durch irgendein Mittel gehindert, „blockiert" wurde, etwa durch Behandlung einer dazwischenliegenden Nervenstrecke mit einem narkotisierenden Mittel wie Äther oder Chloroformdampf, oder mittels Durchleitung eines konstanten elektrischen Stromes. Wurde nach Ablauf dieser längeren Zeitspanne die Wirkung des blockierenden Mittels aufgehoben, die betreffende Nervenstrecke für sich fortpflanzende Erregung wieder durchgängig gemacht, so beantwortete alsbald der Muskel die immer noch fortdauernde elektrische Reizung durch Zusammenziehung, zum Zeichen, daß durch sie die getroffene Strecke oberhalb der blockierten Strecke nicht im mindesten in ihrer Leistungsfähigkeit beeinträchtigt war. Erst die Untersuchung der elektrischen Veränderung, welche die Tätigkeit der Nervenfaser ebenso wie diejenige der Muskelfaser begleitet, zeigte, daß durch langdauernde Reizung der zeitliche Verlauf des sich fortpflanzenden Erregungsvorganges verändert wird. Besonders leicht nehmen diese Veränderungen den Charakter einer bedeutenden Stärkeabnahme, einer wirklichen Ermüdung bei *marklosen* Nerven von Kaltblütern und

wirbellosen Tieren an. Aber auch am markhaltigen Nerven läßt sich die Ermüdbarkeit zeigen, wenn man ein und dieselbe Stelle gleichzeitig mit einem narkotischen Mittel behandelt und stark reizt; der Reizerfolg läßt dann früher nach, als es bei alleiniger Behandlung mit dem narkotischen Mittel der Fall gewesen wäre. Statt des narkotischen Mittels läßt sich auch Entziehung des Sauerstoffs durch Einschließen des Nerven (aber nicht auch des Muskels) in eine Umgebung von reinem Stickstoff verwenden. Es ist schon vorher erkannt worden, daß in solch einer sauerstoffreien Umgebung jede Nervenfaser früher oder später ihre Erregbarkeit und Leitungsfähigkeit verliert, sie aber nach Wiederzutritt der Luft oder reinen Sauerstoffs sehr bald wieder erlangt. Es bedarf also die Nervenfaser ebensogut wie jede andere Gewebeeinheit höherer Tiere zum Leben des Sauerstoffes, und darin, daß bei gleichzeitiger starker Reizung die „Erstickung" der Nervenfaser früher eintritt, als ohne Reizung, ist in der Tat ein Beweis dafür zu erkennen, daß die in der Leitung von an sich minimalen Energievorgängen bestehende Tätigkeit der Nervenfasern eben doch mit Stoffumsatz verknüpft ist. Man hat auch versucht, nach früher schon auseinandergesetzten Grundsätzen den Gaswechsel ausgeschnittener Nervenfasern, wie es bei ausgeschnittenen Muskeln schon vor über hundert Jahren und seitdem wiederholt erfolgreich geschehen ist, zu messen. Mittels der dazu verwendeten sogenannten Mikrorespirometer sind in der Tat Werte für den Verbrauch von Sauerstoff und die Produktion von Kohlensäure erhalten worden, die sowohl an sich wie auch im Verhältnis zu denjenigen, die selbst für kleine Muskelmassen erhalten werden, winzig genannt werden müssen. Ebenso haben auch Versuche, die bei der Tätigkeit der Nervenfasern etwa gebildete Wärmemenge zu bestimmen, nach jahrelangem vergeblichen Bemühen mit den allerfeinsten Hilfsmitteln schließlich zu ganz minimalen Bruchteilen der Wärmeeinheit geführt.

Obschon Nervenfaser und Ganglienzelle ein Ganzes bilden, ist man doch lange geneigt gewesen und vielfach auch heute noch geneigt, die Übertragung und automatische Entstehung von Erregung in den Zentralorganen gegenüber der einfachen Fortleitung in den Nervenfasern als einen besonders gearteten Vorgang anzusehen, welcher mit den Lebensvorgängen in den Ganglienzellen eng verknüpft sei und einen bedeutenderen Stoffumsatz zur Grundlage habe. Es hängt dieses zusammen mit anatomischen Beobachtungen über die reiche

Versorgung des ganzen Zentralnervensystems mit Blutgefäßen und die außerordentliche Empfindlichkeit desselben für jede Störung seiner Versorgung mit Blut, bzw. der Zufuhr von Sauerstoff und der Entfernung der Kohlensäure. Diese Empfindlichkeit gegen „Erstickung" betrifft das gesamte Zentralnervensystem, ganz besonders vielleicht das verlängerte Mark, das Verbindungsstück zwischen Gehirn und Rückenmark, in welchem wir das „Atemzentrum" lokalisieren. Wie empfindlich das Gehirn gegen mangelhafte Blutversorgung ist, erkennen wir z. B. daran, daß geschwächte Kranke, bei denen nach langem Liegen die Kraft des Herzens und die Zusammenziehung der Blutgefäße in der Leibeshöhle herabgesetzt ist, beim Aufrichten ohnmächtig werden, indem durch die Schwere, die den Kreislauf des Blutes behindert, nicht genügend Blut zum Gehirn gelangt: Bei vierfüßigen Tieren, welche aufrechte Haltung während längerer Dauer von Natur nicht gewöhnt sind, tritt Bewußtseinsstörung und schließlich der Tod ein, wenn sie zwangsweise in aufrechter Stellung festgehalten oder gebunden werden. Auf Grund solcher und vieler weiterer Beobachtungen, so z. B. Messungen der Temperatur des Gehirns ist mehrfach, so von dem italienischen Physiologen Mosso dem Zentralnervensystem ein besonders intensiver Stoffwechsel zugeschrieben worden: ob mit Recht, erscheint indessen zweifelhaft. Als Beweisgrund könnte auch die Tatsache herangezogen werden, daß während länger dauernden Hungerzustandes das Zentralnervensystem am wenigsten an Gewicht abnimmt, indem andere Organe und Systeme von ihrem Material hergeben, um es auf seinem Bestande zu erhalten. Ein wirklicher Beweis für die Verknüpfung der Funktion des Zentralnervensystems mit intensivem Stoffumsatz liegt darin indessen durchaus noch nicht, vielmehr kann es sich ja so verhalten, daß Verlust an Substanz mit dem Funktionieren nicht verträglich ist, auch ohne daß bei dem Funktionieren viel von ihr verbraucht wird. Es mag der auch in der Ruhe, etwa im Schlafe bzw. bei möglichster Bewegungslosigkeit andauernde Stoffwechsel des Zentralnervensystems vor allem beim Warmblüter recht beträchtlich sein, ihn von anderen Organen abgetrennt direkt zu messen, ist bis jetzt nicht gelungen; am „überlebenden" Zentralnervensystem des Kaltblüters angestellte mikrorespirometrische Versuche haben keine sonderlich hohen Werte für den Gaswechsel ergeben, und die genaue Messung seiner Erhöhung durch die Tätigkeit ist bisher noch ein ebenso frommer

Wunsch wie beim peripherischen Nerven. Es ist ja von vornherein nicht anzunehmen, daß rein quantitativ der Stoffumsatz im Nervensystem mit demjenigen in den Muskeln als zur Leistung mechanischer Arbeit eingerichteten Kraftmaschinen vergleichbar sein kann. Das Nervensystem als Ganzes dient der „Auslösung", d. h. Vorgängen, nach Art der Auslösung in einem Uhrwerk, in welchem die in dem aufgewundenen Gewicht oder der aufgezogenen Feder des Schlagwerkes aufgespeicherte Spannkraft (potentielle Energie, s. den ersten Abschnitt S. 5) umgewandelt wird in die lebendige Kraft (kinetische Energie, s. den ersten Abschnitt S. 5), mit welcher der Hammer an die Glocke schlägt, durch einen ganz geringfügigen Anstoß, den eben vermittels der sogenannten Auslösung, wie sie der Uhrmacher nennt, das Gangwerk der Uhr zu den gegebenen Zeitpunkten zuwege bringt. Ein anderer hierher gehöriger Vergleich ist der geringe Energieumsatz im Zündapparat, durch welchen eine Mine zum Auffliegen gebracht wird. Wenn wir für das Nervensystem bei dem vielbenutzten Vergleiche bleiben mit einem Telegraphen- oder Fernsprechnetz, durch welches im Frieden oder im Kriege nach vielen Punkten Befehle übermittelt werden zur Erzielung zusammenwirkender, ein einheitliches Ergebnis bewirkender Tätigkeit vieler Menschen, Kraftmaschinen, Geschütze usw., welche überall mit großem Energieumsatz arbeiten, so werden wir der „Arbeitsleistung" des Zentralnervensystems am besten gerecht werden, welche zwar nicht rein mechanisch, dynamisch betrachtet, eine Summe von Arbeit $p \times h$ in Meterkilogrammen in der Zeiteinheit liefert, die mit derjenigen der Muskeln vergleichbar wäre, die sich aber aus der äußerst verwickelten und wunderbar geordneten Funktion zahlloser winziger Herde von Energieumsatz darstellt, zwischen welchen Übertragung kleinster Energiemengen auf Abertausenden und Millionen von Wegen gleichzeitig stattfindet mit dem Endzweck der geeigneten und zur Erhaltung des individuellen Lebens unter Beziehung zur Umwelt dienenden rechtzeitigen Auslösung der größeren Energieumsätze in den zahllosen Elementen der arbeitenden Organe (Muskeln und Drüsen).

Wie schon für die Beurteilung der Leistungen des Nervensystems in rein physiologischer Hinsicht, so wird für die Bewertung „geistiger Arbeit" die rein energetische Betrachtung keinen richtigen Maßstab liefern können, solange sie nur summarische Werte von Energieumsätzen ins Auge faßt.

Die Tätigkeit des Großhirns, welche der rein geistigen Arbeit, die nicht direkt mit der Innervation von Muskeln verbunden ist, dient, besteht nach den Vorstellungen, welche wir uns heutzutage davon machen können, in dem Ablauf von Erregungsvorgängen in den Nervoneinheiten der grauen Rinde des Großhirns und den ihre einzelnen Teilgebiete verbindenden markhaltigen Nervenfasern. Da letztere der Verknüpfung der in den einzelnen Rindenteilen zustande gekommenen Vorgänge dienen, welche den Erinnerungsbildern der verschiedenen Sinnesgebiete zugrundeliegen, da durch sie aus den Rückständen der im Leben des Einzelwesens dagewesenen Einzelempfindungen der gesamte Vorstellungsinhalt erst gebildet wird, so kommt diesen als Assoziationsbahnen bezeichneten Faserzügen eine wesentliche Rolle bei allen Vorgängen des Bewußtseins zu. Die besondere Intelligenz, das Denkvermögen des Menschen steht mit der besonderen Ausbildung der Großhirnrinde, insbesondere der Stirnwindungen, mit der großen Anzahl der hier und von hier zu den andern Rindenteilen verlaufenden Assoziationsfasern in direkter Beziehung. Es kann keine Frage sein, daß auch mit rein geistiger Tätigkeit des Menschen, die nicht mit Muskelinnervation verbunden ist oder nur mit der Leistung geringfügiger mechanischer Arbeit, wie beim Schreiben, Rechnen, den verwickelten Denkprozessen, welche der Ausübung aller Zweige der Wissenschaften, des Handels, der Verwaltung und Politik usw. dienen, im Gehirn des Menschen durch die Summierung der wenn auch winzigen Einzelumsätze, welche in den vielen Tausenden arbeitender Nervoneinheiten vor sich gehen, ein verhältnismäßig beträchtlicher chemischer und energetischer Gesamtumsatz stattfindet. Dafür spricht schon die tägliche Erfahrung, daß geistige Arbeit ermüdet, daß angestrengte rein geistige Tätigkeit ebenso das Bedürfnis nach Erholungspausen, nach nächtlichem Schlaf bedingt, wie einfache rein körperliche Arbeit etwa derart, daß es dabei nur auf den absoluten Wert der mechanischen Arbeit ankommt, und nicht auf Feinheiten der Innervation wie bei manchen anderen mehr körperlichen Arbeiten. Stundenlanges Rechnen mit den Methoden der höheren Mathematik ermüdet ebensogut, wie Holzhacken oder Raddrehen. Tätigkeiten, bei denen Anspannung der Aufmerksamkeit, ununterbrochene Benutzung der Sinnesorgane, stete Überlegung und ununterbrochen nötige Geistesgegenwart *mit körperlichen* Strapazen, wie angestrengtem Marschieren,

Bergsteigen, Reiten, Lenken von Fahrzeugen verbunden ist, pflegt deshalb ganz besonders zu ermüden und am leichtesten Erschöpfung, Versagen und Erkranken des ganzen Organismus durch Überanstrengung hervorzurufen: der Hochgebirgssport und der Krieg mögen hier an erster Stelle genannt sein. Es ist bekannt, daß nach längere Zeit durchgeführter angestrengten körperlichen Arbeit auch verminderte Fähigkeit zu geistiger Tätigkeit und umgekehrt bei Ermüdung durch angestrengte geistige Tätigkeit verminderte Leistungsfähigkeit des Muskelapparates sich einstellt. Die Erschöpfung an Nährmaterial und die Überladung mit Stoffwechselschlacken („Ermüdungsstoffen"), die in dem einen System sich einstellen, wirkt also hindernd auch auf die Tätigkeit des anderen. Man hat diese Dinge mit der schon mehrfach erwähnten ergographischen Methode näher untersucht und E. Weber hat in seinen oben schon erwähnten Forschungen die Rolle, welche hier die Blutversorgung und ihre Regelung durch die Wirkung der Gefäßnerven spielt, besonderer Beachtung gewürdigt.

Die hier besprochenen Verhältnisse liefern auch die Grundlage zur Erklärung einer Reihe merkwürdiger Beobachtungen, welche schon länger mit Hilfe der ergographischen Methode, wie auch im praktischen Leben gemacht worden sind. Man hatte gefunden, daß geistige Arbeit die Muskelermüdung ganz außerordentlich erhöhen kann, derart, daß bei der Verzeichnung der Ermüdungskurven die Erschöpfung viel schneller eintritt. Insbesondere hatten die Mitarbeiter Mossos dahingehende Beobachtungen in reicher Zahl bei Gelegenheit von Prüfungen (beim Geprüften wie auch beim Prüfenden) gesammelt. Dabei handelte es sich eben nicht um reine Ermüdung der Innervation, also des Zentralnervensystems; die Ermüdungsreihen waren nach der Prüfung auch dann kürzer, die Erschöpfung wurde schneller erreicht, wenn das Gewicht nicht willkürlich gehoben, sondern die Zusammenziehung des betreffenden Fingerbeugers und die Hebung des Gewichts durch künstliche, in dem betreffenden Rhythmus ausgeführte elektrische Reizung des Nerven am Arme, dort, wo er oberflächlich unter der Haut verläuft, erzielt wurde. Es konnte ferner gezeigt werden, daß der ermüdende Muskel eines kräftigeren Nervenreizes bedarf, um sich zusammenzuziehen. Ja, bei zweckmäßiger Arbeitsweise braucht die Muskelleistung noch keinerlei Ermüdungserscheinungen anzuzeigen, obschon die nervösen Mechanismen hochgradig angestrengt sind. Hierin liegt auch die Erklärung, daß Athleten mitunter von schweren nervösen

Beschwerden heimgesucht werden (Treves), und diese Feststellung liefert einen wichtigen Beitrag zur Kritik der bald zu besprechenden Bestrebungen, die Leistungen von Industriearbeitern auf Grund ergographischer und experimentell-psychologischer Untersuchungen zu erhöhen.

Daß vorwiegende Nervenarbeit, geistige Tätigkeit, in ihrer Art erhöhten Umsatz zur Grundlage hat, wird durch die Erfahrung bestätigt, daß der geistig Arbeitende einer genügenden, ja reichlichen Ernährung in ähnlicher Weise bedarf, wie der schwer körperlich Arbeitende. Wenn auch die Gesamtmenge und der Brennwert der Nahrungsmittel beim körperlich Arbeitenden im allgemeinen größer sein werden, da dem höheren Umsatz an oxydierbarem Material (Kohlenhydrate und Fette) in den Muskeln das Bedürfnis an solchen Nährstoffen entspricht, so hat es doch den Anschein, als ob der Umsatz besonders an den beim Aufbau des Nervensystems wesentlich beteiligten phosphorhaltigen organischen Verbindungen eine entsprechend zusammengesetzte Kost erfordert. Die Erfahrung, daß die Ernährungsweise des Städters durch ihren Reichtum an tierischem Eiweiß, an phosphorhaltigen Kernstoffen und phosphorhaltigen fettähnlichen Substanzen vor derjenigen des Landbewohners sich auszeichnet, gehört sicher hierher, wenngleich über die Art, wie das Nervensystem sich abnutzt und seine wesentlichen Bestandteile aus der Nahrung wieder ersetzt, wir von eingehender Kenntnis noch weit entfernt sind. Wir haben gesehen, wie im Gegensatz zu der Ermüdung des Muskels durch übertriebene Beanspruchung Steigerung seiner Leistungsfähigkeit durch allmähliche Erhöhung seiner Leistung mit Einschaltung genügender Erholungspausen und entsprechender Ernährung des Gesamtorganismus möglich ist. Solche „Übung" ist auch für die Tätigkeit des Nervensystems, für die rein geistige Arbeit, möglich. Und wie wir gesehen haben, daß Bewegungen und Hantierungen, welche eine besonders verwickelte Koordination, eine sorgfältige Regulierung, möglichste Vermeidung von Mitbewegungen erfordern, eingeübt, erlernt, und dadurch immer vollkommener und ökonomischer gestaltet werden können, indem eben der Umsatz in unnötig mitbewegten, in zu stark oder zu langdauernd bewegten Muskeln erspart wird, ebenso muß es ganz offenbar auch beim Erlernen geistiger Tätigkeit, bei der Vervollkommnung der menschlichen Intelligenz sein.

Es kann keine Frage sein, daß im Laufe der überlieferten Geschichte der Menschheit deren Intelligenz und Wissen, insbesondere das auf das

einzelne Individuum treffende Maß an Gedächtnisleistung und geistiger Arbeit im Laufe des Lebens augenscheinlich immerfort zugenommen hat, wenigstens bei den Kulturvölkern, bei denen seit der Erfindung der Buchdruckerkunst die Zahl der des Lesens und Schreibens Unkundigen fortwährend in Abnahme begriffen ist: Anders steht es vielleicht mit der Leistung körperlicher Arbeit, obwohl das Urteilen hier sehr schwierig ist. Gewiß hat man feststellen können, daß gewisse einst angestaunte Maximalleistungen der Muskeltätigkeit auf dem Gebiete der Leibesübungen bei richtiger Deutung und Berechnung der antiken Angaben heute genau ebenso erreicht und kaum übertroffen worden sind, wie z. B. beim Weitsprung, andererseits mögen Gesamtleistungen körperlicher Arbeiter für die Dauer eines Tages oder längerer Zeitspannen, etwa beim Feldbau oder bei großen Bauten in heutiger Zeit dieselben sein, wie im Altertum, können aber auch zugenommen haben. Es wird eben von Fall zu Fall viel auf die Organisation, auf die physischen und moralischen Eigenschaften des zu den Arbeiten verwendeten Menschenmaterials, insbesondere auf dessen Ernährung und sonstige Lebensbedingungen ankommen. Hat man doch heutzutage feststellen können, daß die maximal erzwingbare Tagesleistung schlecht genährter chinesischen Kulis knapp den halben Wert derjenigen kräftiger europäischer Fabrikarbeiter erreicht. Es kann kein Zweifel sein, daß die Marsch- und sonstigen körperlichen Arbeitsleistungen, das im Überstehen von Strapazen seitens unserer deutschen Soldaten in dem gegenwärtigen Kriege Geleistete alles mindestens erreicht und vielfach übertrifft, was die Kriegsgeschichte aller Zeiten und Völker bisher aufzuweisen gehabt. Bei einer derartigen Steigerung der körperlichen, d. h. Muskelarbeitsleistung, im Laufe der menschlichen Kulturentwicklung, ganz besonders aber bei der Steigerung der geistigen Arbeitsfähigkeit, hat ganz offenbar der oben angedeutete Vorgang, der das Wesen des Lernens und der Übung im weiteren Sinne ausmacht, den Hauptanteil. Es werden durch Vermeidung unnötiger Mitbewegungen bei der Muskelarbeit, durch Vermeidung entbehrlicher Assoziationsvorgänge, durch Ausschaltung von Erinnerungsbildern, welche für das Gedächtnis einen unnötigen Ballast bilden, kurz durch Vermeidung unnützer Umwege der Denkprozesse Ersparnisse an Umsatz erzielt, welche eine Vermehrung der Intelligenz und des Wissens, eine Steigerung der geistigen Arbeitsfähigkeit nach dem Grundsatze einer verbesserten Öko-

mie der zugrunde liegenden stofflichen und energetischen Vorgänge ermöglicht haben. Dementsprechend konnte die Ausbildung des einzelnen Menschen, der allgemeine Schulunterricht sowohl, wie auch die Ausbildung in Fach und Beruf, trotz der immer zunehmenden Fülle des Gesamtmaterials und der Verwicklung der technischen Fertigkeiten immer mehr vereinfacht werden, in dem Sinne, daß zur völlig genügenden, ja besseren Erlernung dessen, wozu früher ein Mensch sein ganzes Leben, ja die Menschheit die Lebensdauer vieler Generationen benötigt hat, heutzutage bei genügender Begabung wenige Schul- bzw. Lehrjahre genügen können. Wenn hier auch bei den kultiviertesten Völkern nicht alles ideal ist, so besteht doch keine Frage, daß den Klagen über zunehmende Überbürdung mit Lernmaterial durch immer ökonomischere Gestaltung des Unterrichts zu begegnen, man allerorts mit Erfolg bestrebt ist.

Sechster Abschnitt.

Statistik der Arbeit. Mechanische Leistung der Menschen. Arbeitstiere und Kraftmaschinen auf der Erde. Organisation der Arbeit. Taylors System. Kaiser Wilhelm-Institut für Arbeitsphysiologie.

Bevor wir auf die oben schon gestreifte Frage, wie weit es erreichbar ist, auch bei der körperlichen wie geistigen Berufsarbeit durch ökonomische Künste die Leistungsfähigkeit zu steigern, noch weiter etwas eingehen, haben wir uns mit der Tatsache zu beschäftigen, daß die zunehmende Intelligenz die Menschheit befähigt hat, die der körperlichen Arbeitsleistung des Menschen durch seine natürliche Beschaffenheit gesetzten Grenzen zu überbrücken durch Beherrschung von in der Umwelt vorhandenen Spann- und lebendigen Kräften, die der Mensch seinen Zwecken in immerfort zunehmendem Maße sich dienstbar gemacht hat. Es sind das einmal die Kräfte der Last- und Zugtiere, welche der Mensch sehr frühzeitig benutzen lernte, zunächst in Gestalt der Reittiere, die ihn selbst tragen und schneller und ausdauernder fortzubewegen imstande waren, als es ihm sein eigener Körperbau und seine Muskelkraft erlaubte, die er dann Nutzlasten tragen, auch hinter sich auf dem Boden schleppen ließ. Durch Verminderung der dabei auftretenden Reibung, die bei glatt gefrorener Unterlage durch untergesetzte Schlittenkufen erzielt wurde, weiter-

hin durch Einführung von rollenden Baumstämmen, die schließlich zur Erfindung der Räderfuhrwerke führte, wurde die Arbeitsleistung der Tiere immer ökonomischer ausgenutzt. Andererseits wurden Naturkräfte in Form von lebendiger Kraft des fließenden Wassers und der bewegten Luft zu den Kraftmaschinen der Wasserräder und Windmühlen benutzt, ein Grundsatz, der in nicht zu ferner Zukunft vielleicht in ungeahnter Ausdehnung verwendet werden wird, und schließlich wurde die Überführung der Spannkräfte der Brennstoffe, insbesondere der von dem organischen Leben früherer Erdperioden her in der Rinde unseres Planeten lagernden Steinkohle in lebendige Kraft, die die Erfindung der Wärmekraftmaschinen ermöglichte, die Grundlage der modernen, vollständigen Umwälzung von Produktion und Verkehr.

Wir werden davon einen gewissen Begriff erhalten können, wenn wir versuchen, die Gesamtleistung der Bevölkerung der Erde, bzw. der hauptsächlichen Kulturländer in mechanischen Arbeitseinheiten auszudrücken, was natürlich nur schätzungsweise möglich ist, da es nicht nur, wie wir schon wissen, an der Möglichkeit genauer Berechnung der mechanischen Leistung in den einzelnen Berufen, sondern auch an den nötigen statistischen Grundlagen in weitgehendem Maße fehlt. Ziehen wir unter Berücksichtigung der Tatsache, daß es dem weiblichen Geschlechte, sei es in der Hausarbeit oder auf dem Felde, sei es in Berufen, vielfach nicht an beträchtlicher Teilnahme an körperlicher Arbeitsleistung gebricht, ja daß auch Kinder und Greise nach Maßgabe ihrer Kräfte nicht untätig sind, von der Gesamtbevölkerung des Deutschen Reiches die Hälfte in Betracht und rechnen für jeden einzelnen (etwas hoch gegriffen) den Arbeitstag gleich einer Leistung von 100000 mkg (s. S. 55), so ergibt das bei einer Einwohnerzahl von 65 Millionen eine tägliche Arbeitsleistung von 3 Billionen 250000 Millionen mkg. Etwa 300mal so hoch wäre in Anbetracht der Feiertage die Arbeitsleistung im Jahre einzuschätzen. Entsprechende Werte würden aus den Einwohnerzahlen der anderen in Betracht kommenden Länder erhalten. Nehmen wir für die 1700 Millionen betragende Gesamtbevölkerung wieder Beteiligung der Hälfte an der Arbeit und angesichts der abweichenden Kulturzustände großer Teile Asiens, Afrikas und Südamerikas den Arbeitstag nur zu 50000 mkg, so erhielten wir **42,5 Billionen** mkg als menschliche Tagesleistung für die ganze Erde.

Um damit die Leistungen der Zugtiere und Kraftmaschinen zu vergleichen, wollen wir davon ausgehen, daß im Jahre 1887 die Anzahl der Pferde auf der ganzen Erde zu etwa 62 Millionen geschätzt wurde und wollen angesichts der Zunahme der Kraftmaschinen und Kraftfahrzeuge aller Art annehmen, daß sich diese Zahl seitdem jedenfalls nicht vermehrt habe. Wir wollen ferner die tatsächliche Leistungsfähigkeit des lebenden Pferdes nur zu einem Drittel „Maschinenpferd" ansetzen (s. S. 3), also zu 25 mkg in der Sekunde, so ergäbe das auf die Stunde 90000 mkg. Nehmen wir ferner an, daß jedes Pferd im Durchschnitt nur 4 Stunden täglich Arbeit leistet, so wären das 360000 mkg, also für sämtliche Pferde der Erde 22 Billionen 320000 Millionen mkg tägliche Leistung, und entsprechend viel im Jahre. Nehmen wir weiter an, daß die Leistung aller sonst als Reit-, Zug- und Lasttiere verwendeten Geschöpfe, vom Zugochsen bis zum Arbeitselefanten in Indien, zusammen derjenigen der Pferde annähernd gleichkommt, was sicher nicht zu hoch gegriffen ist, so erhalten wir eine Ziffer von der Größenordnung von 80 Billionen (80 Millionen mal Million, 8 mit 13 Nullen) mkg als tägliche mechanische Arbeitsleistung der Menschheit und der ihr gehorchenden lebenden Wesen.

Nun wurde aber bereits im Jahre 1888 die gesamte Dampfkraft der Erde zu rund 50 Millionen Pferdestärken geschätzt,

genauer, nach Mulhall	50 150 000	PS
davon feststehend	10 050 000	=
= Lokomotiven	31 980 000	=
= Schiffsmaschinen	8 120 000	=

Da die Pferdestärke 75 mkg auf die Sekunde entspricht, so bedeutet sie eine Leistung $75 \times 3600 = 270\,000$ mkg in der Stunde, obige 50 Millionen PS an Dampfkraft leisten also in einer Stunde 13,5 Billionen mkg, und wir würden bereits zu einer der oben für die menschliche Erdbevölkerung und die ihnen gehorchenden Tiere geschätzten gleichen Gesamtleistung (etwa 80 Billionen mkg) gelangen, wenn wir annehmen, daß jene Dampfkräfte täglich 6 Stunden durchschnittlich im Gange sind, und vor allem, daß sie sich in den letzten 27 Jahren nicht vermehrt haben.

Wenngleich nun, so weit mir bekannt geworden ist, eine neuere Schätzung für die Erde oder wenigstens die in Betracht kommenden Kontinente und Hauptländer kaum vorliegt, so ergibt das vorhandene statistische Material doch mit Sicherheit, daß gerade in diesen letzten drei

Jahrzehnten die Zahl und Leistung der Dampf- resp. Wärmemotoren überhaupt ganz außerordentlich zugenommen hat.

So betrug z. B. die Zahl der Pferdestärken nur der feststehenden Dampfmaschinen Preußens in den Jahren:

1865	200 000	1890	1 600 000	1903	4 900 000
1870	450 000	1900	3 500 000	1904	5 100 000
1880	880 000	1902	4 000 000		

Wir sehen hier gerade in den 10 Jahren von 1890—1900 eine Zunahme auf über das Doppelte, woran die Ausdehnung der meisten Industrien, zum Teil in ganz außerordentlichem Maße, beteiligt ist, wie folgende weiter zurückliegende Zusammenstellung zeigt, die die Zahl der Dampfpferdestärken der verschiedenen Industrien Preußens in den Jahren 1878 und 1895 vergleicht.

Es waren in	1878	1895
	Pferdestärken	
Bergbau und Hüttenwesen	508 000	968 000
Stein- und Erdarbeiten	24 000	176 000
Metallindustrie	22 000	108 000
Maschinen- und Werkzeugindustrie	20 000	162 000
Chemische Industrie	10 000	75 000
Heiz- und Leuchtstoffindustrie	7 000	22 000
Faserstoffindustrie	87 000	?
Papier- und Lederindustrie	25 000	105 000
Holz- und Schnitzindustrie	23 000	119 000
Nahrungs- und Genußmittelgewerbe	110 000	392 000
Bekleidungs- und Reinigungswesen	2 000	17 000
Baugewerbe	800	43 000
Handelsgewerbe	300	43 000
Textilindustrie	?	446 000

Ähnliche Zunahmen weisen auch andere Länder auf; so betrug die Pferdestärkenzahl der Industrie Frankreichs in den Jahren

1857	1867	1877	1887	1897	1902
140 000	289 000	466 000	748 000	976 000	1 998 000

Die Anzahl der vollspurigen Lokomotiven Deutschlands betrug:

1880	1890	1900	1901
11 000	14 200	19 000	19 800

Dabei ist die von den einzelnen Lokomotiven geleistete Zahl von Pferdestärken in noch höherem Maße gewachsen, von dem für 1880 angegebenen Mittelwert von 300 PS aufs Doppelte bis Dreifache, und Riesenmaschinen bis zu 1500 und 2000 PS sind auch bei uns keine Seltenheit mehr. Für die Lokomotiven Frankreichs wurden insgesamt Pferdestärken angegeben:

1880	1890	1900	1902	
2,5	3,7	5,7	6,5	Millionen PS

An Handelsdampfschiffen besaß England solche

	1860	1870	1880	1890	1897
von 100 PS und mehr	650	1040	2208	3707	4468
" 400 " " "	86	107	235	444	626
" 1000 " " "	2	1	5	36	53

Die Gesamt-Pferdestärkenzahl (indizierte Pferdestärken) der Kriegsschiffe Englands betrug

1880	1890	1897	desgl. mit im Bau befindl.
460 000	820 000	1 900 000	2 500 000

Zu den direkt der Industrie und dem Verkehr dienenden Kraftanlagen kommen heutzutage in immer ausgedehnterer Weise noch die der Erzeugung elektrischen Lichtes und der Kraftverteilung dienenden großen Zentralen. Ihre Zunahme an Zahl und Größe erklärt und kompensiert die für die meisten Länder nachweisbare Tatsache, daß die Neuanlage kleinerer feststehenden Dampfmaschinen in den letzten Jahren eher abgenommen hat. Dagegen ist die Zahl andersartiger Wärmekraftmaschinen, besonders der Explosionsmotoren, mit dem Siegeszuge des Automobils und mit der Eroberung der Luft außerordentlich gestiegen; mehr noch als diejenige der Wind- und Wasserkraftanlagen, von denen besonders die Leistung der letzteren auf der ganzen Erde sicher nicht unterschätzt werden darf. Wird doch die Kraft der Niagarafälle, die bis jetzt nur teilweise ausgenutzt ist, zu 3¼ Millionen nominellen, gleich etwa 10 Millionen effektiven Pferdestärken geschätzt!

Die hier zuletzt gegebenen, anscheinend vielleicht die Technik mehr als die Biologie interessierenden Zahlen lassen kaum einen Zweifel daran, daß die gesamten Dampfkräfte der Erde, mehr noch diejenigen aller Kraftmaschinen in dem Zeitraum seit Ende der achtziger Jahre sich mehr als verdoppelt, wahrscheinlich vervierfacht hat, was

auch dem Gange der Zunahme derselben seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts entsprechen würde, nämlich (nach Mulhall) auf der ganzen Erde an Dampfkraft:

1840	1850	1860	1870	1880	1888
2	4	9	18	34	50 Millionen PS

Nehmen wir sie augenblicklich zu 200 Millionen PS an, so würde dies unter der oben gemachten Voraussetzung täglich durchschnittlich sechsstündiger Tätigkeit einer täglichen Leistung von **320 Billionen** mkg entsprechen, oder dem Vierfachen dessen, was die Menschen und die ihnen gehorchenden Tiere im besten Falle zusammen leisten; durch Beherrschung der Tiere und Naturkräfte zusammen würde also zurzeit der Mensch seine mechanische Leistungsfähigkeit auf das achtfache vermehrt haben, von Einzelleistungen so gewaltiger Größe, wie er sie einst nicht zu erträumen wagte, ganz abzusehen.

Diese Errungenschaften sind nun, wie nach dem früher schon auseinandergesetzten verständlich sein dürfte, als ein Ergebnis menschlicher Arbeitsleistung anzusehen, und zwar wesentlich der rein geistigen Arbeit, welche zur Erfindung und Ausbildung der Maschinen und zu der großartigen Organisation ihrer Anwendung geführt hat. So sind es wesentlich nervöse Prozesse, deren mechanisches Äquivalent sehr geringfügig und bis jetzt nicht genauer meßbar ist, die zu einer gewaltigen Steigerung der von den Menschen zum mindesten mittelbar geleisteten mechanischen Arbeit, zu einer Vermehrung und unendlichen Vervielfachung der hergestellten Produkte und damit zu einer immer weitergehenden Verwicklung der eigenen Lebensbedingungen der Menschheit führen, ein Vorgang, der in fortwährendem Weiterschreiten begriffen ist, und der ebensowenig, wie es früher durch massenhafte Völkerbewegungen und große Kriege der Fall gewesen ist, durch den derzeitigen Weltkrieg eine Unterbrechung erleiden wird: vielmehr zeigen gerade die bisherigen Ereignisse dieses Krieges aufs allereindringlichste, daß der besten und vollkommensten Organisation der Arbeit, sei sie friedlich oder kriegerisch, d. h. direkt aufbauend oder zunächst zerstörend, der Sieg und damit weiterhin die Führung in der weiteren Kulturentwicklung sicher ist.

Wir betonten, daß geistige Ausbildung und wissenschaftliche Errungenschaften jedenfalls mittelbar zu einer Vermehrung der mechanischen Arbeitsleistung und damit der Produktion der Menschheit führen. Ausgehend von den bekannten Erfahrungen, von denen schon

früher S. 63 die Rede war, ist aber nicht zu leugnen, daß auch Erhöhung der direkten Leistung des einzelnen arbeitenden Menschen auf wissenschaftlicher Grundlage heutzutage noch möglich ist. Es wurde schon die Methode E. Webers erwähnt, die durch Bewegung einer sonst nichtbeteiligten Muskelgruppe die Gefäßweite auch in den arbeitenden Muskeln in dem Sinne günstig beeinflussen soll, daß die Stoffwechselschlacken oder „Ermüdungsstoffe" hier besser weggeschafft werden: Der wissenschaftlichen Erforschung der Erlernungsvorgänge, der Ausschaltung der Mitbewegungen, der Messung der Ermüdung durch Ergographie usw., kurz der Gesamtheit der Methoden der heutigen experimentellen Psychologie entlehnen diejenigen hierher gehörigen Bestrebungen zur Erhöhung der Leistung der Industriearbeiter ihr Rüstzeug, die man wohl deshalb vielfach als „Psychotechnik" zusammengefaßt hat und die weiteren, besonders volkswirtschaftlich und sozialpolitisch interessierten Kreisen neuerdings bekannt geworden sind als das System des Amerikaners Taylor. Seine Grundlagen sind dem früher Angedeuteten entsprechend recht einfach. „Es weiß", so führt darüber Knapp aus, „jeder Mensch, der einst irgendwelche beruflichen Handgriffe lernen oder unrichtig erlernte umlernen mußte, daß man im Beginn der Lehrzeit fast verzweifelte über seine eigene Ungeschicklichkeit bei Arbeiten, die uns so viele Mühe und Überlegung kosteten und die unsere gelernten Kollegen ‚spielend' verrichteten, bis man eben durch Übung und Anwendung scheinbar unbedeutender Kunstgriffe die Sache auch ‚los hatte' und dann ohne Ermüdung und mit Befriedigung das Zwei-, Drei- oder gar Zehnfache der früheren Leistung dauernd fertig brachte. Man erinnere sich nur an die Gewandtheit eines geübten Heizers oder eines Zeilenhauers oder einer Stickerin. Daß es hier auch Analogien in der geistigen Arbeit gibt, zeigt uns der Vergleich zwischen den Mühsalen eines ABC-Schützen oder der ‚höheren Tochter' beim Klavierunterricht und den mühelosen Glanzleistungen einer Maschinenschreiberin, eines Schriftstellers oder eines Klaviervirtuosen, oder um zum Handwerke zurückzukehren, zwischen dem unsicheren Suchen des Setzerlehrlings in seinem Setzkasten und der dahinfliegenden Hand des gelernten Buchdruckers. Eine weitere große arbeitsfördernde Bedeutung hat auch der Rhythmus, wie ihn die Bauern beim Dreschen des Getreides oder beim Schärfen der Sensen seit undenklichen Zeiten kennen und wie er auch von den Arbeitern am Straßenpflaster oder am Eisenbahndamm usw. längst als wertvoll anerkannt ist."

Der Gedanke, da auf Grund wissenschaftlicher Untersuchung noch weiter zu verbessern, liegt ja nahe, und so hat z. B. ein Psychotechniker in Amerika die Arbeit der Maurer planmäßig daraufhin studiert, inwiefern die dabei auszuführenden Bewegungen dem ökonomischen Prinzip entsprechen. Er fand, daß dies bis jetzt lange nicht genügend der Fall war, daß sehr viele unnütze Bewegungen ausgeführt werden und daß die Werkzeuge trotz der langjährigen Erfahrung ihrem Zwecke nicht genügend angepaßt waren. Indem er hier überall Umgestaltungen vornahm, erreichte er es, daß dreißig Maurer ohne größere Anstrengung und ohne längere Arbeitszeit das fertiggebracht haben, wozu nach dem alten Verfahren hundert Arbeiter nötig waren. Die Gesamtkosten des betreffenden Baues konnten um nahezu die Hälfte herabgesetzt werden, trotzdem die Löhne eine Steigerung erfuhren.

Taylor untersuchte die Leistungen der Schaufelarbeiter an einem großen Stahlwerk. Hunderte von Arbeitern waren an ihm mit dem Schaufeln von schweren Erz- und Kohlenmassen beschäftigt, wobei jede Schaufellast im allgemeinen nach ihrer Größe dem Zufall überlassen blieb. Hierdurch kam einerseits, wenn ein Arbeiter besonders große Lasten auf einmal schaufelte, leichter Ermüdung zustande, andererseits wurde die Arbeitskraft vieler ungenügend oder doch ungleichmäßig ausgenutzt. Taylor fand als Ergebnis längerer Untersuchungen, daß die günstigste Last für einen kräftigen Arbeiter 9,5 kg betrug. Es durfte nunmehr keiner der angestellten Schaufler mehr oder weniger als diese Last auf einmal auf die Schaufel nehmen. Außerdem ergab sich die Notwendigkeit, daß für jedes besondere Material auch Schaufelsätze besonderer Form hergestellt und daß die Ruhepausen einer bestimmten Länge und Reihenfolge unterworfen wurden, um die Arbeitskräfte rationell auszunutzen, auch mußten die Arbeiter die ihnen gezeigten Schaufelbewegungen genau innehalten. Das Ergebnis war, daß 140 Arbeiter dasselbe leisteten wie vorher 500; der Durchschnittsarbeiter, der früher 16 t Material geschaufelt hatte, leistete nunmehr 59 t ohne größere Ermüdung. Der Durchschnittslohn des Schauflers stieg von 4,80 M. auf 7,90 M., während die Gesamtkosten der Bewältigung von einer Tonne Material für die Fabrik von 29 Pf. auf 14 Pf. sanken. Dabei sind bei der Berechnung dieser verminderten Kosten der Zuwachs an Kosten für das Werkzeug und vor allem die Gehälter für die wissenschaftlichen Betriebsleiter inbegriffen.

Ähnliche günstige Ergebnisse will man in Amerika in vielen anderen Betrieben erzielt haben, es ist drüben für das „Taylorsche System" viel Reklame gemacht worden, manche Vertreter der Großindustrie wissen es nicht genug zu rühmen, und die Propaganda hat sich endlich auch zu uns herüber erstreckt. Naturgemäß wurden diese Bestrebungen aber von verschiedenen Seiten sehr verschieden kritisiert. Gegenüber großem Enthusiasmus steht natürlich, je nach dem parteipolitischen Standpunkt und der Standeszugehörigkeit, kühle Ablehnung bis zu wütender Bekämpfung dieser Bestrebungen als eines schlimmsten Auswuchses der Ausbeutung des Arbeiterstandes durch den rücksichtslos gewinngierigen Kapitalismus. Der rosigen Darstellung von amerikanischer Seite stehen Beurteilungen ernsthafter deutscher Physiologen und Ärzte (G. Rosenfeld u. a.) gegenüber, welche darauf hinweisen, daß auch bei wirklich weitgehender Beseitigung von Mitbewegungen, Ungleichmäßigkeiten und anderer unnützer Kraftverschwendung doch bei den geschilderten Mehrleistungen es sich unzweifelhaft um ein wirkliches Mehr an mechanischer Arbeitsleistung in Meterkilogrammen, ferner auch um ein solches an geistiger bzw. Nervenarbeit handelt, die bis jetzt nicht mechanisch ausdrückbar ist; jedenfalls leistet der im Taylorsystem Arbeitende mehr, ohne daß die Lohnerhöhung dieser erhöhten Leistung entspricht. Im obigen Falle des Schauflers im Bethlehem-Stahlwerk ist die absolut genommen vierfache Arbeitsleistung nur mit dem $1^3/_3$fachen Lohne vergolten: von diesem Mehrlohne muß aber der Arbeiter eine Vermehrung seiner Kost bestreiten; denn wie Rosenfeld für einen anderen Fall (Verladung von Gußeisen) genauer ausrechnet, entspricht die Vermehrung der Leistung tatsächlich nicht weniger als 300000 mkg pro Tag, zu deren Bestreitung ein Mehr an Brennwert der Nahrung von 2470 Kalorien gehört, die (als Fette bzw. Kohlenhydrate genossen) auch an die Verdauungsorgane außergewöhnliche Ansprüche stellen, von der oben besprochenen Schädigung des Herzens ganz abgesehen. Wir werden bei der Beurteilung des Taylorschen Systems nicht vergessen dürfen, was oben schon gelegentlich der E. Weberschen Methode erwähnt wurde, daß zwar jede methodische Erhöhung der Leistungsfähigkeit auf ein außergewöhnliches Maß für außergewöhnliche Verhältnisse kürzerer Dauer, wie sie Krieg und Wettkämpfe mit sich bringen, willkommen ist und nicht zu schaden braucht, daß aber andauernd nicht mehr aus der tierischen und menschlichen Maschine herausgeholt

werden darf, als sie ohne Schädigung auf die Dauer leisten kann. Daß unsere Kulturentwicklung hier nicht nur drüben, sondern auch bei uns durch alle Art Abhetzung und Überbürdung gesündigt hat, ist sicher; dafür spricht die Zunahme der Herz-, Nerven- und Geisteskrankheiten, an welcher, wie ich in Übereinstimmung mit L. Edinger u. a. annehmen muß, neben den Dämonen Alkohol und Syphilis der zu schnelle „Aufbrauch" in unserer Zeit ganz wesentlich beteiligt ist: gerade die vortrefflichen Gesundheitsverhältnisse unserer Heeresangehörigen im gegenwärtigen Kriege beweisen, daß ein solches Kampfesjahr lange nicht so schädlich zu sein braucht, wie es jahrzehntelange Abhetzung im heutigen bürgerlichen Leben sein kann! Und wenn die Wissenschaft nicht dazu mißbraucht werden darf, diese noch zu erhöhen, so braucht natürlich den in Rede stehenden Bestrebungen gegenüber noch lange nicht das Kind mit dem Bade ausgeschüttet zu werden. Die Methoden der experimentellen Physiologie und Psychologie können vielmehr aufs trefflichste dazu dienen, die für die einzelnen Berufszweige geeigneten Arbeiter auszuwählen[1]), die ungeeigneten auszuscheiden und für sie passenderen Berufen zuzuführen (von der grundlegenden Zukunftsfrage der Einschulung und Berufswahl der Jugend ganz zu schweigen), sie leiten auch sonst zu den Bestrebungen hinüber, die Arbeit weniger anstrengend zu gestalten, mit ihr verbundene Gefahren zu erkennen und zu vermeiden, kurz, die Gesundheit der Arbeiter zu erhalten und zu fördern. Die Grundlage vieler Zweige der heutzutage bereits einen anerkannten wichtigen Teil der öffentlichen Gesundheitspflege bildenden Arbeits- und Gewerbehygiene ist eben eine Weiterbildung der Physiologie der Arbeit.

Um dieser zu dienen, ist neuerdings in Berlin im Rahmen der von der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft errichteten Forschungsinstitute mit der Einrichtung eines Instituts für Arbeitsphysiologie begonnen worden, dessen Wirkungskreis die Erforschung der Physiologie und Begründung der Hygiene im weitesten Sinne sein soll: denn, wie Rubner, der Leiter des Instituts, in seiner einführenden Denkschrift auseinandersetzt, und wie aus den soeben in diesem Abschnitt gegebenen Zahlen klar hervorgeht, tritt mit unserer zunehmenden Kulturentwicklung die Leistung des Menschen als reine mechanische Arbeitsmaschine mehr und mehr zurück zugunsten anderer Arbeitsformen, bei

1) Wie das ja auch Taylor tut.

denen es mehr auf den Intellekt als auf die mechanische Kraft ankommt, „jenen tausendfältigen Arbeitsformen, bei denen durch die Überwachung von Maschinen, bei der Ausführung von Kleinarbeit infolge der Arbeitsteilung die Aufmerksamkeit, Geschicklichkeit, Gewissenhaftigkeit und Dauer der Leistung das Entscheidende ist". Der Schwerpunkt liegt dabei, wie auch in diesem Bande genügend betont worden ist, „mehr auf dem nervösen Gebiet und den Leistungen des Gehirns; die Arbeit beruht auf dem richtigen Funktionieren der Sinnestätigkeit, der Wahrnehmungsfähigkeit und Willensschulung". Von dem Doppelgebiete menschlicher Tätigkeit ist nun nur ein sehr beschränkter Teil durch wissenschaftliche Forschung bisher näher bekannt; von den tausenderlei Einzelheiten muß „das Typische erkannt, das Gemeinsame herausgegriffen und so die Vielheit der Erscheinungen unter einfache Gesichtspunkte gebracht werden. So sollen in großen Zügen die menschlichen Leistungen körperlicher und geistiger Natur unter den verschiedenen Lebensaufgaben, aber auch hinsichtlich der Eigenart der Kinderzeit, des jugendlichen Alters, des Greisenalters, bei Mann und Frau, bei verschiedener Konstitution und Rasse, nach Maß und Zahl, genau präzisiert werden. Auch mit Rücksicht auf die krankhaften Schädigungen bleibt viel zu tun übrig." „Wir wissen zwar durch die Beobachtungen der letzten Jahrzehnte, daß die Größe der menschlichen Leistungsfähigkeit, der günstige oder ungünstige Einfluß der Arbeit auf den Körper im höchsten Maße von den verschiedenen Wärmeverhältnissen der Luft, der Wärmestrahlung, Luftfeuchtigkeit und Luftbewegung abhängig ist, aber unsere heutigen Kenntnisse in dieser Hinsicht sind nicht ausreichend und erschöpfend. Das natürliche Klima wie das künstliche der Wohnräume, der Fabriken, der Bergwerke usw. bedarf hinsichtlich des Einflusses auf den Menschen noch eingehender Bearbeitung, bei der auch auf die Beschaffenheit der Luft (gesunde und ungesunde Luft, Einfluß giftiger Gase, schädlicher Staub) und andere ähnliche Fragen Rücksicht zu nehmen ist. Viele angebliche und wirkliche Nachteile der Arbeit sind oft nur durch unzweckmäßige Lebenshaltung (Mangel an Körperpflege, unzweckmäßige Kleidung) hervorgerufen." — „Die Arbeitsfähigkeit des Menschen hängt wesentlich auch von dessen Ernährungszustand ab, worunter wir die verschiedene Entwicklung der Organe verstehen; ein schlecht genährter, herabgekommener Mensch ist weder zu körperlicher, noch zu andauernder geistiger Arbeit zu gebrauchen. Rationelle Ernährung vermag aber jeden an

sich gesunden Menschen zu einem besseren Ernährungszustand zu bringen. Die Nahrung ist also das wichtigste Mittel, um den Menschen gegen schädliche Veränderungen zu schützen, die durch Überarbeitung geschaffen werden können; im Mißverhältnis zwischen Arbeit und Ernährung liegt häufig die Ursache des Körperverfalls. Die Ernährungsphysiologie hat die Menge und Art der Nahrungsstoffe anzugeben, die bei Leistung der Arbeit oder für die Zwecke der Verbesserung des Ernährungszustandes notwendig sind. Wie sich die Betrachtung der Arbeitsleistungen ohne die Benutzung von Studien im praktischen Leben nicht durchführen läßt, so liegt es auch auf dem Gebiete der Ernährung. Die Feststellung der Ernährungsverhältnisse von verschiedenen Berufsklassen wird uns veranlassen, manchen wichtigen Blick in die Frage der Volksernährung zu tun, die bisher bei uns so gut wie unbearbeitet geblieben ist, obschon die wissenschaftliche Ernährungslehre von Deutschland aus ihre Entwicklung genommen hat. Es werden sich da eine Reihe höchst wichtiger Probleme aufdrängen, Fragen über die Verbreitung vegetabilischer und animalischer Kost, die provinziellen Eigentümlichkeiten, Beziehungen von Stadt- und Landkost, die Ernährung von kinderreichen und kinderarmen Familien usw. Gerade in neuerer Zeit hat sich gezeigt, wie unrichtig die Ernährungsverhältnisse in der Öffentlichkeit behandelt werden und wie notwendig es ist, falschen Vorstellungen über den Nährwert der Speisen in den breiten Schichten der Bevölkerung entgegenzutreten, wie vielfach eine Verschleuderung von Geld selbst bei der armen Bevölkerung gegeben ist, wie die Mängel der Ernährung nicht selten auf die geringen Kenntnisse der Hausfrauen zurückzuführen sind."

Diesem Programme entsprechend ist, wie neuerdings der Statistiker des Instituts, Albrecht, ausgeführt hat, das Ziel durch die Dreiteilung des Arbeitsgebiets in Physiologie, Pathologie und Hygiene der Arbeit umfassend gekennzeichnet. Eine andere Dreiteilung betrifft die Methodik, derzufolge das Institut drei getrennte Abteilungen besitzt, erstens eine physiologisch-chemische, in welcher entsprechend den oben dargestellten Forderungen und darüber hinaus hinsichtlich noch ungelöster biochemischer Grundfragen vor allem die Ernährungslehre Bearbeitung finden soll, zweitens eine physikalisch-psychologische Abteilung: in dieser soll der Arbeitsvorgang und die Arbeitsermüdung messend verfolgt werden. Die Versuche hinsichtlich der Blutverschiebung, denen sich ihr [illegible]

E. Weber gewidmet hat, und welche bereits in Gestalt der mehrfach erwähnten Methode zur Steigerung der Leistungsfähigkeit ein Ergebnis gefunden haben, gehören hierher ebenso wie alles, was oben als „psychotechnische" Behandlung industrieller Bedürfnisse bezeichnet worden ist. Endlich ist die dritte Abteilung, als volkswirtschaftlich-statistische der Sammlung und statistischen Verwertung der einzelnen Angaben aus dem praktischen Leben, und umgekehrt der Übersetzung der durch die Forschungen erhaltenen Ergebnisse ins Praktische gewidmet.

Die „Pathologie der Arbeit" hat es nicht nur mit den etwaigen schädlichen Einflüssen der Arbeit, sondern auch der mangelhaften Wohnung und Ernährung, ererbter Anlagen und Krankheiten, Volksseuchen, wie der Tuberkulose, des Alkoholismus zu tun, ebenso wie endlich das dritte Arbeitsgebiet des Instituts die Arbeitshygiene im allerweitesten Sinne der Ermittlung der gesündesten und besten Bedingungen, unter denen sich der Arbeitsvorgang abzuspielen hat, bildet.

Der dem Taylorschen System zugrunde liegende richtige Gedanke kommt also, wie Albrecht mit Recht betont, in den Zielen, Aufgaben und Methoden des Instituts insofern in ganz neuer Weise zum Ausdruck, als das Wesen der Arbeit den einzigen Ausgangspunkt bildet, das wirtschaftliche, genauer gesagt, kapitalistische Interesse dagegen bei dem Gange der Forschungen durchaus ausgeschaltet ist. Ihre Ergebnisse bilden vielmehr die Bausteine zu einer neuen, wissenschaftlichen Arbeitsorganisation, die von der Arbeit ausgeht, dann aber natürlich auch dem Interesse des Wirtschaftslebens und damit der Volkswirtschaft im Sinne der besten Güterversorgung dienstbar zu machen ist.

Es ist zu hoffen und zu erwarten, daß die Einrichtungen und Arbeiten des Instituts in diesem Sinne den Vorsprung immer größer gestalten werden, den Deutschland nach dem einstimmigen Zugeständnis von Freund und Feind vor allen anderen Ländern besitzt, eben denjenigen der vollkommeneren Organisation auf allen Lebensgebieten, den Vorsprung, der uns gegen eine Welt von Gegnern den Sieg erringen läßt und unseren Platz an der Sonne, mehr als es bisher der Fall war, sichern hilft.

Literatur.

Außer den in Fußnoten angeführten Bändchen der vorliegenden Sammlung „Aus Natur und Geisteswelt" kommen für eingehenderes Studium der hier behandelten Vorgänge und Fragen in Betracht:

Allgemeine Physiologie:

M. Verworn, Allgemeine Physiologie, 7. Aufl. Jena, G. Fischer 1916.

Spezielle Physiologie:

R. Tigerstedt, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, 6. Aufl., 2 Bde., Leipzig, Hirzel 1913.

N. Zuntz und A. Löwy, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, 2. Aufl., Leipzig, C. H. W. Vogel 1913.

Handbuch der Physiologie des Menschen, herausgegeben von W. A. Nagel, Braunschweig, Vieweg & Sohn; daraus besonders: die Artikel „Wärmeökonomie des Körpers" und „Stoffwechsel" von R. Tigerstedt im ersten Band, sowie sämtliche Artikel des vierten Bandes.

R. Du Bois-Reymond, Spezielle Muskelphysiologie oder Bewegungslehre, Berlin, Hirschwald 1903.

W. Braune und O. Fischer, Der Gang des Menschen. Längere Reihe von Abhandlungen in „Abhandlungen der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig", von 1895 ab.

J. E. Marey, Le Mouvement, Paris, Masson 1894.

P. Schiefferdecker, Das Radfahren und seine Hygiene, Stuttgart, Ulmer 1900.

Psychologie:

W. Ziehen, Leitfaden der physiologischen Psychologie, 10. Aufl., Jena, G. Fischer 1914.

A. Lorand, Die menschliche Intelligenz und ihre Steigerung, Leipzig Dr. W. Klinkhardt 1914.

Taylor, Die Grundsätze der wissenschaftlichen Betriebsführung.

Statistik:

Mulhall, Dictionary of Statistics, London 1888.

Statistik des Deutschen Reiches 1879—1913.

Außerdem zahlreiche kleinere Monographien sowie Veröffentlichungen in der Archiv- und Zeitschriftenliteratur der Anatomie und Physiologie, Psychologie, Volkswirtschaft und Statistik.

Verzeichnis der Abbildungen und ihrer Quellen.

Seite

Fig. 1: Schema eines Myographion. Nach Boruttau, Kurzes Lehrbuch der Physiologie, Wien 1898, S. 183 12

Fig. 2: Zuckungskurve des Muskels. Nach Boruttau, Taschenbuch der Physiologie. Leipzig 1908, S. 122 13

Fig. 3: Arbeitssammler von A. Fick. Nach A. Fick, Mechanische Arbeit und Wärmeentwicklung bei der Muskeltätigkeit; Int. wiss. Bibliothek, Bd. 51; Braunschweig, Vieweg 1882 . . . 14

Fig. 4: Superposition von Zuckungen. Nach Boruttau, Kurzes Lehrbuch der Physiologie S. 186 15

Fig. 5: Einzelzuckungen, unvollständiger Tetanus, vollständiger Tetanus. Nach M. Verworn, Physiologisches Praktikum, Jena 1907, S. 167 16

Fig. 6: Dynamometer. Nach Boruttau, Lehrbuch der medizinischen Physik, Leipzig 1908, S. 36 19

Fig. 7: Ergograph. Nach Boruttau, Taschenbuch der Physiologie S. 134 20

Fig. 8: Ergographische Ermüdungskurve. Nach M. Verworn, Praktikum S. 165 21

Fig. 9: Reihenbild der Bewegungen der rechten Körperhälfte des Menschen beim Gehen. Nach Marey 34

Fig. 10a und b: Nach Braune und Fischer, der Gang des Menschen, in den Abhandlungen der Königl. Ges. der Wissenschaften zu Leipzig 1895 . . . . . 35, 36

Fig. 11: Aufzeichnung der Sprunghöhe und des Bodendrucks und . 38

Fig. 12: Zeitlicher Verlauf der Körpererhebung und des Drucks auf die Unterlage beim Springen. Nach Marey, le Mouvement, Paris, Masson 1894 39

Fig. 13: Messung der Atmung am marschierenden Menschen. Nach Zuntz und Löwy, Lehrbuch der physiol. des Menschen, 2. Aufl., Leipzig 1913, S. 641 43

Fig. 14: Original-Übungskurve nach Peder. Aus Tigerstedt, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, 7. Aufl., Leipzig 1913, 2. Bd. S. 47 57

Alphabetisches Register.

A

Abduktoren und Adduktoren 30
Abhetzung 81
Anstrengung 1
Anziehungskraft der Erde 2
Äquivalent, thermisches der Arbeit 6
Arbeit, Begriff 1
— geistige 67
— mechanische 2
— Messung 3, 64
— nervöse 64, 67
— statische 28
— Wesen 84
Arbeitsdiagramm 32, 39
Arbeitsleistung beim Gehen 34 ff., 44 ff.
— beim Laufen 37
— bei Leibesübungen und Handwerk 48 ff., 53 ff.
— beim Radfahren 49 ff.
— beim Rudern und Schwimmen 52
— beim Sprung 38 f.
Arbeitsphysiologie 81 ff.
Arbeitssammler von Fick 14
Assoziationsbahnen 68
Augenblicksphotographie 34
Auslösung 67
Ausschleifen der Bahnen des Nervensystems 63
Auswahl der Arbeiter 81
Automatische Innervation 61

B

Bahnen des Zentralnervensystems, Ausschleifen 63
Bahnkurven wichtiger Körperpunkte bei der Ortsbewegung 34 ff.
Bahnung 63
Belastung des Muskels 17
— des Soldaten 46
Bergkrankheit 48
Bergsport 48, 69
Beuge- und Streckmuskeln 30
Bewußtsein 62

C

Chemische Vorgänge bei der Muskeltätigkeit 20
— im Nervensystem 66

D

Dampfkräfte, Statistik 74 ff.
Dampfmaschine, als Wärmemotor 9
Dampfschiffe, Statistik 76
Denkprozesse 71
— Ökonomie 72
Deutsches Reich, Arbeitsleistung seiner Einwohner 73
Dynamometer 19

E

Einwärts- und Auswärtsroller 30
Elastizität des Muskels 17
Elektrische Veränderungen des tätigen Muskels 22
Energie 5
Energiebilanz 41
Ergographie 20 ff., 69 ff.
Erhaltung der Kraft bez. Energie 5 ff.
Erholung 19
Ermüdung 2, 19, 56
— durch geistige Tätigkeit 68 ff.
Ermüdungskurven 19, 21
Ernährung 70
Erschlaffung des Muskels 13
Erschöpfung 19

F

Fahrrad 49 ff.
Fußerkrankungen, Bedeutung für die Marschleistung 46

G

Ganglienzellen, Vorgänge in ihnen 65
Gedächtnis, nervenphysiologische Grundlage 61
Gehen 33
Geistesgegenwart, ermüdende Wirkung 69
Geistige Tätigkeit 68 ff.
Gewerbehygiene 81
Graphische Hilfsmittel in der Physiologie 12, 31
Gravitation 2

H

Hemmung nervöser Erregungsvorgänge 61, 63
Herzmuskel 11
— Überanstrengung beim Radfahren 51
— bei Gewerben 53
Hochgebirgssport 48, 69
Hochsprung, Arbeitsleistung 38 f.
Höhenklima 48 f.
Hubhöhe des Muskels 17
Hygiene der Arbeit 83

I

Indikator 32
Institut für Arbeitsphysiologie 81 ff.

K

Kilowatt 4
Klima 82
Kohlensäure als Maß des Umsatzes 43
Koordination 60
Kräfte 2
Kraft, absolute des Muskels 17
— lebendige 5
Kraftmaschinen 4
Krieg, Ermüdung in ihm 69
Kriegsleistungen 55
Kritik des Taylor-Systems 80
Kurbelgetriebe 9

L

Latenzdauer 14
Laufen 33
Lebendige Kraft 5
Leibesübungen 48 ff.
Leistungsfähigkeit des Muskels 17
— Methode zur Erhöhung, nach E Weber 59
Lernen 63
Lohnerhöhung 80
Lokomotion des Menschen und der Tiere 31
Lokomotiven, Statistik 75 f.

M

Manöver 55
Marschleistungen 46

Maurer 79
Mechanische Wärmetheorie, Hauptsätze 7
Mechanisches Wärmeäquivalent 6
Messung der Muskelkraft 18
Meterkilogramm 3
Mikrorespirometer 65
Mitbewegungen, unzweckmäßige 63
— Vermeidung 71
Motoren 4
Muskeln, quergestreifte und glatte 10
Muskelzuckung 13
Myographie 12ff.

N

Nerv, Ermüdung 64f.
— markloser 64
Nervenelnheiten 60
— Beziehungen und Verbindungen 62f.
Nervensystem 60ff.
Normalarbeitstag 53
Nutzeffekt 24, 45

O

Organisation der Arbeit 71, 77
Ortsbewegung des Menschen und der Tiere 31
Osmotische Vorgänge bei der Muskeltätigkeit 26
Oxydationsvorgänge als Maß der Muskelarbeit 27

P

Parallelogramm der Bewegungen und Kräfte 29
Pathologie der Arbeit 83
Pausen zur Erholung 19
Pferdestärke 3
Phoronomie 34ff.
Physiologie der Arbeit 81ff.
Prüfungen, ermüdende Wirkung 69
Psychologie, experimentelle 78
Psychotechnik der Arbeit 78

R

Räderfuhrwerke 73
Räumliches Modell des menschlichen Ganges 35
Reflektorische Innervation 62
Regulierung der Bewegungen 63
Reihenphotographie 35
Respirationsapparate und -versuche 41f.
Respiratorischer Quotient 41
Ruhender Mensch, Umsatz 40, 43f.

S

Sauerstoff, Rolle bei der Muskeltätigkeit 25
— als Maß des Umsatzes 43
— auf das Zentralnervensystem 66
— Bedeutung bei Bergkrankheit und Höhenklima 49
— Entziehung, Wirkung auf den Nerven 65
Schaufelarbeiter 79
Schlittenkufen 72
Schritte 33
Schulunterricht, Vervollkommnung 72
Schwerkraft 2
Seelenleben 62
Soldat, Marschleistungen 46
Spaltungsvorgänge im tätigen Muskel 25
Statistik der Arbeit 72ff.
Stoffumsatz im Muskel 25ff., 44ff.
— im Gehirn 68
— im Nerven 65
— im Zentralnervensystem 66
Steigarbeit 44, 47
Summation von Muskelzuckungen 15
Superposition von Muskelzuckungen 15
System, Taylors 78

T

Tagesarbeitsleistung 54f.
Taylors System 78
Tetanus des Muskels 15f.
Thermochemie 8
Treppe des Muskels 19
Treppensteigen 14
Tretbahnversuche 47

U

Überanstrengung des Herzens 51, 53
Überbürdung 81
Übung 57ff.
— beim Nervensystem 71
— praktischer Betrieb 58ff.
Übungskurve 57
Umwege, unnütze der Denkprozesse 71

V

Verbrennungswärme der Nahrung 41

W

Wärme 5
— gebundene 8
Wärmeäquivalent, mechanisches 6
Wärmegrad 6
Wärmekraftmaschinen 9
Wärmemenge 6
Wärmemotoren 9
Wärmeproduktion bei der Muskeltätigkeit 22ff.
— im tätigen Nerven 65
Wasserräder 8, 73
Wasserturbinen 8
Weitsprung 38
Wesen der Arbeit 84
Willkürliche Innervation 62
Windmühlen 73
Wirkungsgrad des Muskels 24, 45

Z

Zahl der Reize bei der natürlichen Muskelzusammenziehung 16
Zuckung 13ff.
Zugtiere, Arbeitsleistung 74
Zusammenziehung des Muskels 12
Zweigelenkige Muskeln 32f.

Druck von B. G. Teubner in Dresden.

Aus Natur und Geisteswelt

Jeder Band geheftet M. 1., in Leinwand gebunden M. 1.25

Von dem Verfasser des vorliegenden Bändchens ist als Bd. 540 unter der Presse:

Fortpflanzung und Geschlechtsunterschiede des Menschen.

Das Bändchen sucht in allgemeinverständlicher Darstellung das Verständnis der heutzutage weiteste Kreise beschäftigenden Fragen nach der Entstehung und dem Zahlenverhältnis der Geschlechter beim Menschen, nach der Bedeutung des Geschlechts hinsichtlich der Befähigung und des Berufs, – ferner für das Verständnis ärztlicher und hygienischer Tagesfragen auf diesem Gebiete (Geschlechtskrankheiten, sexuelle Zwischenstufen, eugenische Bestrebungen) zu vermitteln. Die für die Entstehung der Geschlechtsmerkmale entscheidenden Ergebnisse der neuesten Forschungen, die durch Überpflanzungsversuche die Bedeutung der Produkte innerer Abscheidung von Geweben der Keimdrüsen nachgewiesen haben, finden besonders Berücksichtigung. Die brennenden Probleme der Fruchtbarkeit und Bevölkerungsbewegung sind am Schlusse des Bändchens übersichtlich behandelt.

Berufswahl und Arbeitsleistung mit Berücksichtig. der Kriegsverwundetenfürsorge. V. W. J. Ruttmann. . . . (Bd. 522.)

Die Fürsorge für d. Kriegsinvaliden. Unter Mitarbeit v. Prof. Dr. Ludloff, Dr. Schlotter, Dir. des Städt. Arbeitsamtes, Frankfurt a.M., u. Gewerbeschuldir. Bach, hrsg. von Dr. S. Kraus. . . . (Bd. 525.)

Geistige Veranlagung u. Vererbung. Von Dr. Georg Sommer. (Bd. 512.)

Der Verfasser behandelt unter Heranziehung eines großen Tatsachenmaterials und zahlreicher dem Leben, namentlich bedeutender Männer und Frauen, entnommener Beispiele das wichtige Problem, ob und inwieweit eine Vererbung auch der geistigen Fähigkeiten und Charaktereigenschaften stattfindet.

Bau und Tätigkeit des menschlichen Körpers. Von Professor Dr. H. Sachs. 3. Aufl. Mit 37 Abbildungen. (Bd. 32.)

„Der rühmlichst bekannte Neurologe hat hier eine Darstellung geliefert, welche sich durch große Klarheit und glückliche Wahl der Vergleiche auszeichnet. Die Abbildungen sind außerordentlich gelungen und sehr instruktiv." (Deutsche medizinische Presse.)

Physiologie d. Menschen. V. Privdoz. Dr. A. Lipschütz. 4 Bde. (Bd. 527–30.)

I: Allgemeine Physiologie. II: Physiol. d. Stoffwechsels.
III: Physiologie des Kreislaufs und der Ausscheidung.
IV: Physiologie der Bewegung und der Empfindung.

Die Anatomie des Menschen. Von Professor Dr. K. v. Bardeleben. 6 Bde. Mit zahlr. Abbildungen. (Bd. 418–423.)

I. Zellen- und Gewebelehre. Entwicklungsgeschichte. Mit 70 Abb. 2. Aufl.
II. Das Skelett. Mit 53 Abb. 2. Aufl.
III. Das Muskel- u. Gefäßsystem. Mit 68 Abb. 2. Aufl.
IV. Die Eingeweide. Mit 30 Abb. 2. Aufl.
V. Nervensystem und Sinnesorgane. Mit 59 Abb.
VI. Statik u. Mechanik d. menschl. Körpers. M. 20 Abb.

Entwicklungsgeschichte d. Menschen. Vier Vorlesungen von Dr. A. Heilborn. Mit 60 Abbildungen. (Bd. 388.)

Das Bändchen behandelt nach einigen historischen Bemerkungen und einer kritischen Darstellung des biogenetischen Prinzips den Vorgang der Entstehung, Reifung und Befruchtung der Fortpflanzungszellen, die Probleme der Vererbung und der Geschlechtsbestimmung und die weitere Entwicklung des Embryos bis zur Geburt. Ein Schlußkapitel ist den „Menschenwundern", den Hemmungs- und Mißbildungen, die in Mythologie und Sage eine so große Rolle gespielt haben, gewidmet.

Vom Nervensystem. Von Prof. Dr. R. Zander. 2. Aufl. Mit 27 Fig. (Bd. 48.)

Erörtert die Entwicklung des Nervensystems und der ihm zugeordneten psychischen Funktionen von den niederen Tieren bis zum Menschen, die Bedeutung der nervösen Vorgänge für den Körper, die Geistestätigkeit und das Seelenleben und sucht klarzulegen, unter welchen Bedingungen Störungen der nervösen Vorgänge auftreten und wie sie zu beseitigen sind.

Die Leibesübungen und ihre Bedeutung für die Gesundheit. Von Prof. Dr. Richard Zander. 3. Aufl. Mit 19 Abbildungen und 2 Tafeln. (Bd. 13.)

„Was wir da über den Einfluß der Leibesübungen auf die Muskulatur, über die Wechselbeziehungen zwischen dem Muskel- und Nervensystem und in zusammenfassender Weise schließlich über den Einfluß der Leibesübungen auf den ganzen menschlichen Körper erfahren, ist das Beste, was bisher auf diesem Gebiete geschrieben wurde." (Zeitschr. f. d. österr. Gymn.)

Die Leibesübungen. Ihre Anatomie, Physiologie u. Hygiene sowie „Erste Hilfe" bei Unfällen. Lehrbuch der medizin. Hilfswissenschaften f. Turnlehr., Turner u. Sportsleute v. Joh. Müller. Mit 240 Abb. Geh. M. 5.–, in Lw. geb. M. 5.60. Erste Hilfe (Sonderausg.). M. 34 Abb. Geh. M. –.75.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berl

ANuG 539. Boruttau.

Aus Natur und Geisteswelt

Jeder Band geheftet M. 1.–, gebunden M. 1.25

Experimentelle Abstammungs- und Vererbungslehre. Von Prof. Dr. E. Lehmann. Mit 26 Abb. . . (Bd. 379.)

„. . . Eine übersichtliche Darstellung der Ergebnisse auf diesem Gebiete in neuester Zeit. . . Die Verknüpfung der modernen experimentellen Vererbungslehre mit der hergebrachten Abstammungslehre macht das Buch besonders zeitgemäß." (Bl. f. Volksgesundheitspfl.)

Abstammungslehre u. Darwinismus. V. Prof. Dr. Hesse. 4. A. M. 37 Fig. (Bd. 39.)

Die Abstammungslehre u. die zu ihrer Erläuterung erdachte Darwinsche Theorie finden hier eine streng zuverlässige u. kritisch gesichtete, in d. Neuauflage a. Grund aller neuen Erkenntnisse peinlich durchgesehene Darstellung.

Der Befruchtungsvorgang, sein Wesen u. s. Bedeutung. V. Dr. E. Teichmann. Mit Abb. u. Taf. 2. A. (Bd. 70.)

„Der Zweck, ein hochwicht. Gebiet biolog. Forschung in einer jedem Gebildeten verständl. Form zu behandeln, ist erreicht. Es ist mir kein Buch bekannt, das mit d. Schrift sich messen dürfte." (Südwestdeutsche Schulbl.)

Acht Vorträge aus der Gesundheitslehre. V. Prof. Dr. Buchner. 4. Aufl., v. Ober-Med.-Rat Dr. M. Gruber. (Bd. 1.)

In fesselnder Darstellung unterrichtet Verf. über die äußeren Lebensbedingungen des Menschen, über das Verhältnis von Luft, Licht und Wärme zum menschlichen Körper, über Kleidung und Wohnung, Bodenverhältnisse und Wasserversorgung, die Krankheiten erzeugenden Pilze und Infektionskrankheiten.

Gesundheitspolitik u. Gesundheitsgesetzgebung. Von Obermedizinalrat Prof. Dr. M. von Gruber. . . . . (B. 531)

Die Abwehrkräfte des Körpers. Eine Einf. in die Immunitätslehre. V. Privatdoz. Dr. H. Kämmerer. M. 52 Abb. (Bd. 479.)

Das Bändchen gibt eine durchaus für nicht fachwissenschaftlich vorgebildete Leser berechnete Einführung in die Immunitätslehre, deren Anwendungen, Heilkunde und Hygiene, unser ganzes persönliches und gesellschaftliches Leben, in steigendem Maße beeinflussen.

Ernährung u. Volksnahrungsmittel. 6 Vorträge gehalten von weil. Prof. Dr. J. Frentzel. 2. Aufl. v. Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. N. Zuntz. M. 7 Abb. u. 2 Taf. (Bd. 19.)

„Dem Werkchen, das von einem so bekannten Fachmanne geschrieben ist und das in gemeinverständlicher Weise selbst theoretische Untersuchungen, wie Stoffwechsel und Respirationsversuche berücksichtigt, muß eine weite Verbreitung gewünscht werden."
(Allg. österr. Chemiker- u. Techniker-Ztg.)

Rubners Nährwerttafel für Schulen u. Haushaltungsschulen sowie für den prakt. Gebrauch unter Mitwirkung von Dr. K. Thomas, herausg. vom Geh. Med.-Rat Professor Rubner. Auf Pappe rollin mit Stäben [98×149 cm] inkl. Erläuterungsschrift M. 6.80. Erläuterungsschrift mit verkl. Wiedergabe der Tafel M. 1.50

Allgemeine Biologie. (Die Kultur der Gegenwart. Tl. III. Abt. 4. Bd. 1.) Redaktion: †C. Chun und W. Johannsen unter Mitarbeit von A. Günthart. Bearbeitet von E. Baur, P. Boysen-Jensen, P. Claußen, A. Fischel, E. Godlewski, W. Hartmann, W. Johannsen, E. Laqueur, B. Lidforß, W. Ostwald, R. Porsch, H. Przibram, E. Rádl, O. Rosenberg, W. Roux, W. Schleip, G. Senn, H. Spemann, O. zur Straßen. Mit 115 Abb. Geh. M. 21.–, in Leinw. geb. M. 23.–, in Halbfranz geb. M. 25.–

Mendels Vererbungstheorien. Von W. Bateson. Übers. v. A. Winckler. Mit 41 Abbildgn., 6 Tafeln und 3 Porträts von Mendel. Geh. M. 12.–, in Lw. geb. M. 13.–

Abstammungslehre, Systematik, Paläontologie, Biogeographie. (Die Kultur der Gegenwart. Teil III. Abt. 4. Bd. 4.) Unter Redaktion von R. Hertwig u. R. v. Wettstein. Bearbeitet von O. Abel, J. C. V. Boas, A. Brauer, A. Engler, K. Heider, R. Hertwig, W. J. Jongmans, L. Plate, R. v. Wettstein. Mit 112 Abb. Geh. M. 20.–, geb. M. 22.–, in Halbfr. M. 24.–

Vererbungslehre. V. W. Johannsen. [In Vorbereitung.]

Archiv für Rassen- u. Gesellschafts-Biologie einschl. Rassen- u. Gesellschafts-Hygiene. – Jährl. 6 Hefte im Umf. von etwa je 8–10 Bogen. Jährlich M. 20.–

Aus Natur und Geisteswelt

Jeder Band geheftet M. 1.–, gebunden M. 1.25.

Wirtschaftliche Erdkunde. Von weil. Prof. Dr. Chr. Gruber. 2. Aufl. bearb. von Prof. Dr. K. Dove. . . (Bd. 122.)

Geschichte des Welthandels. V. Prof. Dr. M. G. Schmidt. 2. Aufl. (Bd. 118.)

Geschichte des deutschen Handels. V. Prof. Dr. W. Langenbeck. (Bd. 237.)

Deutschlands Stellung i. d. Weltwirtschaft. V. Prof. Dr. Arndt. 2. A. (Bd. 179.)

Die Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens im letzt. Jahrhundert. Von Prof. Dr. L. Pohle. 3. Aufl. (Bd. 57.)

Deutsches Wirtschaftsleben. A. geogr. Grundl. gesch. V. weil. Prof. Dr. Gruber. 3. Aufl. v. Dr. H. Reinlein. (Bd. 42.)

Verkehrsentwicklung in Deutschland von 1800 bis zur Gegenwart. Von Prof. Dr. W. Lotz. 2. Aufl. (Bd. 15.)

Deutsche Schiffahrt u. Schiffahrtspol. der Gegw. V. Prof. Dr. K. Thieß. (Bd. 169.)

Eisenhüttenwesen. V. weil. Geh. Bergr. Prof. Dr. H. Wedding. 4. Aufl. v. Bergref. F. W. Wedding. M. 15 Fig. (Bd. 20.)

Die deutsche Landwirtschaft. V. Dr. W. Claaßen. M. 15 Abb. (Bd. 215.)

Innere Kolonisation. Von A. Brenning. . . . . (Bd. 261.)

Die Ostmark. Probl. ihr. Wirtschaftsgesch. V. Prof. Dr. W. Mitscherlich. (Bd. 351.)

Unsere Schutzgebiete nach ihren wirtschaftl. Verhältn. Im Lichte der Erdkunde darg. Von Dr. Chr. G. Barth. (Bd. 290.)

Aus dem amerikanisch. Wirtschaftsleben. Von Prof. J. L. Laughlin. Mit 9 graphischen Darstellungen. (Bd. 127.)

Die Japaner in der Weltwirtschaft. V. Prof. Dr. K. Rathgen. 2. A. (Bd. 72.)

Das Geld und sein Gebrauch. Von G. Maier. . . . . (Bd. 398.)

Die Reichsversicherung. Von Landesversich.-Assess. H. Seelmann. (Bd. 380.)

Grundzüge d. Versicherungswesens. V. Prof. Dr. A. Manes. 2. A. (Bd. 105.)

Arbeiterschutz und Arbeiterversicherung. Von Prof. O. v. Zwiedineck-Südenhorst. 2. Aufl. . . . (Bd. 78.)

Soziale Bewegungen und Theorien bis zur modern. Arbeiterbewegung. Von G. Maier. 4. Aufl. . . (Bd. 2.)

Geschichte der sozialistischen Ideen im 19. Jahrh. V. Privdoz. Dr. F. Muckle. I: Der ration. Soz. II: Proudhon u. der entwicklungsgesch. Sozialismus. (Bd. 269/70.)

Die modern. Mittelstandsbewegung. Von Dr. L. Müffelmann. (Bd. 417.)

Die wirtschaftlich. Organisationen. V. Privatdoz. Dr. E. Lederer. (Bd. 428.)

Die Konsumgenossenschaft. Von Prof. Dr. F. Staudinger. . . . (Bd. 222.)

Frauenarbeit. Ein Probl. d. Kapitalismus. Von Prof. Dr. R. Wilbrand. (Bd. 106.)

Die Gartenstadtbewegung. Von Generalsekretär H. Kampffmeyer. 2. Auflage. Mit 43 Abbildungen. (Bd. 259.)

Der Alkoholismus. Von Dr. G. B. Gruber. Mit 7 Abb. . . (Bd. 103.)

Allgemeine Volkswirtschaftslehre

von weil. Geh. Oberregierungsrat Prof. Dr. Wilhelm Lexis (Die Kultur der Gegenwart, hrsg. von Prof. Paul Hinneberg, Teil II, Bd. X, 1). 2., verbesserte Auflage. Geheftet M. 7.–, in Leinwand gebunden M. 9.–, in Halbfranz gebunden M. 11.–

„Dieses Buch ist ein Muster der Klarheit, Übersichtlichkeit und Vollständigkeit der Darstellung der volkswirtschaftlichen Probleme. Wie einfach und durchsichtig werden mit größter Präzision die Methoden der Volkswirtschaftslehre – über die unter den Theoretikern so viel Streit besteht – dargelegt.“ (Die Geisteswissenschaften.)

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

B. G. TEUBNERS HANDBÜCHER FÜR HANDEL UND GEWERBE

HERAUSGEGEBEN VON

DR. VAN DER BORGHT Kaiserlicher Präsident a. D. **DR. SCHUMACHER** Prof. a. d. Univers. Bonn **DR. STEGEMANN** Geh. Reg.-Rat i. Braunschweig

Die Handbücher sollen in erster Linie dem Kaufmann und Industriellen ein geeignetes Hilfsmittel bieten, sich rasch ein wohlbegründetes Wissen auf den Gebieten der Handels- und der Industrielehre, der Volkswirtschaft und des Rechtes, der Wirtschaftsgeographie und der Wirtschaftsgeschichte zu erwerben, wie es die erhöhten Anforderungen des modernen Wirtschaftslebens erfordern. Aber auch allen Volkswirtschaftlern und Politikern sowie den Verwaltungs- und Steuerbehörden wird die Sammlung willkommen sein, da sie in ihr die so oft nötigen zuverlässigen Nachschlagewerke über die verschiedenen kaufmännischen und industriellen Fragen finden werden.

Jeder Band geheftet und in Leinwand gebunden.

Sozialpolitik. Von O. v. Zwiedineck-Südenhorst. *M* 9.20 u. *M* 10.—

Das Genossenschaftswesen in Deutschland. Von W. Wygodzinski. *M* 6.— u. *M* 6.80.

Versicherungswesen. Von A. Manes. 2 Auflage. *M* 11.— u. *M* 12.—

Anlage von Fabriken. Von H. Haberstroh, E. Weidlich, E. Görtz und R. Stegemann. Mit 274 Abb. und Plänen sowie 6 Tafeln. *M* 12.— u. *M* 12.80.

Betrieb von Fabriken. Von F. W. R. Zimmermann, A. Johanning, H. v. Frankenberg und R. Stegemann. Mit 3 Abbild. u. zahlreichen Formularen. *M* 8.— u. *M* 8.60.

Die Bilanzen der privaten Unternehmungen. Mit besonderer Berücksichtigung der Aktiengesellschaften, Gesellschaften mit beschränkter Haftung, Genossenschaften und Gewerkschaften, der Bank-, Versicherungs- u. Eisenbahn-Unternehmungen. Von Rich. Passow. *M* 8.40 u. *M* 9.—

Einführung in die Elektrotechnik. Physikalische Grundlagen und technische Ausführungen. Von R. Rinkel. Mit 445 Abb. im Text. *M* 11.20 u. *M* 12.—

Die Eisenindustrie. Von Oskar Simmersbach. Mit 92 Abbild. *M* 7.20 u. *M* 8.—

Die chemische Industrie. Von Gustav Müller. Unter Mitwirkung von Fr. Bennigson in Berlin. *M* 11.20 u. *M* 12.—

Chemische Technologie. Von Fr. Heusler. Mit 126 Abbild. *M* 8.— u. *M* 8.60.

Die Zuckerindustrie. I. Teil: Die Zuckerfabrikation. Von Dr. H. Claaßen und W. Bartz. (Vergriffen.) II. Teil: Der Zuckerhandel. Von O. Pilet. *M* 1.80 u. *M* 2.20.

Die Zuckerproduktion der Welt. Von H. Passche. *M* 7.40 u. *M* 8.—

Weitere Bände befinden sich in Vorbereitung.

Ausführlicher Prospekt umsonst und postfrei vom
Verlag B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Aus Natur und Geisteswelt

Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher
Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens

Jeder Band ist einzeln käuflich

Geheftet M. 1.—, in Leinw. geb. M. 1.25

Verlag B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Verzeichnis der bisher erschienenen Bände innerhalb der Wissenschaften alphabetisch geordnet

I. Religion und Philosophie.

Ästhetik. V. Prof. Dr. R. Hamann. (Bd. 345.)
Aufgaben und Ziele des Menschenlebens. Von Prof. Dr. J. Unold. 4. Aufl. (Bd. 12.)
Bergson, Henri, der Philosoph moderner Relig. Von Pfarrer Dr. E. Ott. (Bd. 480.)
Berkeley siehe Locke, Berkeley, Hume.
Buddhas Leben und Lehre. Von weil. Prof. Dr. R. Pischel. 2. Aufl. von Prof. Dr. H. Lüders. Mit 1 Taf. (Bd. 109.)
Calvin, Johann. Von Pfarrer Dr. G. Sodeur. Mit Bildnissen. (Bd. 247.)
Christentum. Aus der Werdezeit des Chr. Von Prof. Dr. J. Geffcken. 2. Aufl. (Bd. 54.)
Christentum und Weltgeschichte. Von Prof. D. Dr. K. Sell. 2. Bde. (Bd. 297, 298.)
— siehe Jesus, Mystik im Christentum.
Einführung in die Philosophie, Theologie, Psychologie siehe Philosophie, Theologie, Psychologie.
Ethik. Grundzüge der E. Von E. Wentscher. (Bd. 397.)
— siehe auch Aufgaben und Ziele des Menschenlebens, sittliche Lebensanschauungen, Willensfreiheit.
Freimaurerei, Die. Anschauungswelt u. Geschichte. Von weil. Geh. Archivrat Dr. L. Keller. (Bd. 463.)
Griechische Religion siehe Religion.
Handschriftenbeurteilung. Von Prof. Dr. G. Schneidemühl. (Bd. 514.)
Heidentum siehe Mystik.
Hume siehe Locke, Berkeley, Hume.
Hypnotismus und Suggestion. Von Dr. E. Trömner. 2. Aufl. (Bd. 199.)
Jesuiten, Die. Eine histor. Skizze. Von Prof. D. H. Boehmer. 3. Aufl. (Bd. 49.)
Jesus und seine Zeitgenossen. Geschichtliches und Erbauliches. Von Pastor C. Bonhoff. (Bd. 89.)
— **Wahrheit und Dichtung im Leben Jesu.** Von Pfarrer D. Dr. P. Mehlhorn. 2. Aufl. (Bd. 137.)
— **Die Gleichnisse Jesu.** Von Prof. D. Dr. H. Weinel. 3. Aufl. (Bd. 46.)
Israelitische Religion siehe Religion.
Kant, Immanuel. Darstellung und Würdigung. Von Prof. Dr. O. Külpe. 3. Aufl. Mit Bildn. (Bd. 146.)
Locke, Berkeley, Hume. Die großen englischen Philosophen. Von Dr. P. Thormeyer. (Bd. 481.)
Luther im Lichte der neueren Forschung. Ein krit. Bericht. Von Prof. D. H. Boehmer. 3. Aufl. Mit 2 Bildn. (Bd. 113.)
Mechanik d. Geisteslebens. V. Prof. Dr. M. Verworn. 3. A. Mit 18 Fig. (Bd. 200.)
Mission, Die evangelische. Von Pastor S. Baudert. (Bd. 406.)
Mystik im Heidentum und Christentum. Von Prof. Dr. Ed. Lehmann. (Bd. 217.)
Mythologie, Germanische. Von Prof. Dr. J. von Negelein. 2. Aufl. (Bd. 95.)
Naturphilosophie, Die moderne. Von Dr. J. M. Verweyen. (Bd. 491.)
Palästina und seine Geschichte. Von Prof. Dr. H. Frh. v. Soden. 3. Aufl. Mit 2 Karten, 1 Plan u. 6 Ansichten. (Bd. 6.)
— **Palästina und seine Kultur in fünf Jahrtausenden.** Von Dr. P. Thomsen. Mit 36 Abb. (Bd. 260.)
Paulus, Der Apostel, u. sein Werk. Von Prof. Dr. E. Vischer. (Bd. 309.)
Philosophie, Die. Von Realschuldir. H. Richert. 2. Aufl. (Bd. 186.)
— **Einführung in die Philosophie.** Von Prof. Dr. R. Richter. 3. Aufl. von Dr. M. Brahn. (Bd. 155.)
— **Führende Denker.** Geschichtl. Einleitung in die Philosophie. Von Prof. Dr. J. Cohn. 2. Aufl. Mit 6 Bildn. (Bd. 176.)
— s. a. Naturphilosophie, Weltanschauung.
Die Philosophie der Gegenwart in Deutschland. Von Prof. Dr. O. Külpe. 6. Aufl. (Bd. 41.)
Philosophisches Wörterbuch. Von Dr. P. Thormeyer. (Bd. 520.)
Psychologie. Einführung in die Ps. Von Prof. Dr. E. von Aster. (Bd. 492.)
— siehe Seele des Menschen, Mechanik d. Geisteslebens, Hypnotismus u. Su

Psychologie. Ps. d. Kindes. V. Prof. Dr. R. Gaupp. 3. Aufl. Mit 18 Abb. (Bd 213.)
— **Psychologie d. Verbrechers.** Mit 5 Diagrammen. V. Dr. P. Vollitz. (Bd. 248.)
— **Einführung in die experiment. Psychologie.** Von Dr. N. Braunshausen. Mit 17 Abbildungen im Text. (Bd. 484.)
— **Geistige Veranlagung und Vererbung psychischer Eigenschaften.** Von Dr. phil. u. med. Georg Sommer. (Bd. 512.)
— siehe auch Pädagogik. Abt. II.
Religion. Die Stellung der R. im Geistesleb. V. Lic. Dr. P. Kalweit. (Bd. 225.)
— **Die Religion der Griechen.** Von Prof. Dr. E. Samter. (Bd. 457.)
— **Die Grundzüge d. israel. Religionsgeschichte.** Von weil. Prof. Dr. Fr. Giesebrecht. 2. Aufl. (Bd. 52.)
— **Religion und Naturwissenschaft in Kampf und Frieden.** Von Dr. A. Pfannkuche. 2. Aufl. (Bd. 141.)
— **Die relig. Strömungen der Gegenwart.** Von Superintend. D. A. H. Braasch. 2. Aufl. (Bd. 66.)
Rousseau. Von Prof. Dr. P. Hensel. 2. Aufl. (Bd. 180.)
Schopenhauer. Von Realschuldir. H. Richert. 2. Aufl. (Bd. 81.)
Seele des Menschen, Die. Von Prof. Dr. F. Rehmke. 4. Aufl. (Bd. 36.)
— siehe auch Psychologie.
Sittliche Lebensanschauungen der Gegenwart. Von weil. Prof. Dr. O. Kirn. 2. Aufl. (Bd. 177.)
— siehe auch Ethik.
Sozialismus siehe VI.
Spencer, Herbert. Von Dr. K. Schwarze. Mit 1 Bildnis. (Bd. 245.)
Staat und Kirche in ihrem gegenseitigen Verhältnis seit der Reformation. Von Dr. A. Pfannkuche. (Bd. 485.)
Testament, Neues. Der Text des N. T. nach seiner geschichtl. Entwicklung. Von Div.-Pfarrer A. Pott. Mit 8 Taf.
— siehe auch Jesus. (Bd. 134.)
Theologie. Einführung in die Theologie. Von Pastor M. Cornils. (Bd. 347.)
Weltanschauung, Griechische. Von Prof. Dr. M. Wundt. (Bd. 329.)
Weltanschauungen, Die, der großen Philosophen der Neuzeit. Von weil. Prof. Dr. P. Busse. 5. Aufl., herausg. von Prof. Dr. R. Falckenberg. (Bd. 56.)
— siehe auch Philosophie.
Weltentstehung. Entsteh. d. W. u. d. Erde nach Sage u. Wissenschaft. Von Prof. Dr. M. B. Weinstein. 2. Aufl. (Bd. 223.)
Weltuntergang, Untergang der Welt und der Erde nach Sage und Wissenschaft. V. Prof. Dr. M. B. Weinstein. (Bd. 470.)
Willensfreiheit. Das Problem der W. Von Prof. Dr. G. F. Lipps. (Bd. 383.)
— siehe auch Ethik.

II. Pädagogik und Bildungswesen.

Amerikanisches Bildungswesen siehe Techn. Hochschulen, Universitäten, Volksschule.
Bildungswesen, Das deutsche, in seiner geschichtlichen Entwicklung. Von weil. Prof. Dr. Fr. Paulsen. 3. Aufl. Von Prof. Dr. W. Münch. Mit 1 Bildnis Paulsens. (Bd. 100.)
Deutsches Ringen nach Kraft und Schönheit. Aus den literar. Zeugn. eines Jahrh. gesammelt. Von Turninspektor K. Möller. 2 Bde. (Bd. 188, 189.)
Erziehung zur Arbeit. Von Prof. Dr. Ed. Lehmann. (Bd. 459.)
Erziehung, Moderne, in Haus und Schule. Von J. Tews. 2. Aufl. (Bd. 159.)
— siehe auch Großstadtpädagogik.
Fortbildungsschulwesen, Das deutsche. Von Dir. Dr. F. Schilling. (Bd. 256.)
Fröbel, Friedrich. Leben und Wirken. Von Dr. Joh. Prüfer. (Bd. 82.)
Großstadtpädagog. V. J. Tews. (Bd. 327.)
— siehe Erzieh., Schulkämpfe d. Gegenw.
Handschriftenbeurteilung. Von Prof. Dr. G. Schneidemühl. (Bd. 514.)
Herbarts Lehren und Leben. Von weil. Pastor Dr. O. Flügel. 2. Aufl. Mit 1 Bildnis Herbarts. (Bd. 164.)
Hilfsschulwesen. Von Rektor Dr. B. Maennel. (Bd. 73.)
Hochschulen s. Techn. Hochschulen u. Univ.
Jugendfürsorge, Die öffentliche. Von Waisenhausdirektor Dr. J. Peterſen. 2 Bde. (Bd. 161, 162.)
Jugendpflege. Von Fortbildungsschullehrer W. Wiemann. (Bd. 434.)
Knabenhandarbeit, Die, in der heutigen Erziehung. V. Sem.-Dir. Dr. A. Pabst. Mit 21 Abb. u. Titelbild. (Bd. 140.)
Lehrerbildung siehe Volksschule und Lehrerbildung der Ver. Staaten.
Leibesübungen siehe V.
Mädchenschule, Die höhere, in Deutschland. Von Oberlehrerin M. Martin.
Mittelschule s. Volks- u. Mittelsch. (Bd. 65.)
Pädagogik, Allgemeine. Von Prof. Dr. Th. Ziegler. 4. Aufl. (Bd. 33.)
Pädagogik, Experimentelle, mit bes. Rücks. auf die Erzieh. durch die Tat. Von Dr. W. A. Lay. 2. Aufl. Mit 2 Abb. (Bd. 224.)
— siehe Erziehung, Großstadtpädagogik, Psychologie des Kindes und Einführung i. d. experimentelle Psychologie, geist. Veranlag. u. Vererbung. Abt. I.
Pestalozzi. Leben und Ideen. Von Prof. Dr. P. Natorp. 2. Aufl. Mit 1 Bildnis und 1 Brieffaksimile. (Bd. 250.)
Rousseau. Von Prof. Dr. P. Hensel. 2. Aufl. (Bd. 180.)

Schule siehe Fortbildungs-, Hilfsschulwes., Hoch-, Mädchen-, Mittel-, Volksschule.
Schulhygiene. Von Prof. Dr. L. Burgerstein. 3. Aufl. Mit 33 Fig. (Bd. 96.)
Schulkämpfe der Gegenwart. Von J. Tews. 2. Aufl. (Bd. 111.)
— siehe Erziehung, Großstadtpäd.
Schulwesen. Geschichte des deutschen Sch. Von Oberrealschuldir. Dr. K. Knabe. (Bd. 85.)
Student, Der Leipziger, von 1409 bis 1909. Von Dr. W. Bruchmüller. Mit 25 Abb. (Bd. 273.)
Studententum, Geschichte des deutschen St. Von Dr. W. Bruchmüller. (Bd. 477.)
Technische Hochschulen in Nordamerika. Von Prof. S. Müller. Mit zahlr. Abbild., Karte und Lageplan. (Bd. 190.)
Universität, über Universitäten u. Universitätsstud. V. Prof. Dr. Th. Ziegler. Mit 1 Bildn. Humboldts. (Bd. 411.)
Universität, Die amerikanische. Von Ph. D. E. D. Perry. Mit 22 Abb. (Bd. 206.
Unterrichtswesen, Das deutsche, der Gegenwart. Von Oberrealschuldir. Dr. K. Knabe. (Bd. 299.)
Volksbildungswesen, Das moderne. Bücher- und Lesehallen, Volkshochschulen und verwandte Bildungseinrichtungen in den wicht. Kulturländern. V. Stadtbibl. Dr. G. Fritz. Mit 14 Abb. (Bd. 266.)
Volks- und Mittelschule, Die preußische, Entwicklung und Ziele. Von Geh. Reg.- u. Schulrat Dr. A. Sachse. (Bd. 432.)
Volksschule und Lehrerbildung der Vereinigten Staaten. Von Dir. Dr. F. Kuypers. Mit 48 Abb. und 1 Titelbild. (Bd. 150.)
Zeichenkunst. Der Weg zur Z. Von Dr. E. Weber. Mit 82 Abb. u. 1 Taf. (Bd. 430.)

III. Sprache, Literatur, Bildende Kunst und Musik.

Architektur siehe Baukunst und Renaissancearchitektur.
Ästhetik. Von Prof. Dr. R. Hamann.
— siehe auch Poetik. (Bd. 345.)
Baukunde siehe Abtlg. VI.
Baukunst. Deutsche B. im Mittelalter. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Matthaei. 3. Aufl. Mit 29 Abb. (Bd. 8.)
— **Deutsche Baukunst seit dem Mittelalter bis z. Ausg. des 18. Jahrh.** Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Matthaei. Mit 62 Abb. und 3 Tafeln. (Bd. 326.)
— Deutsche Baukunst im 19. Jahrh. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Matthaei. Mit 35 Abb. (Bd. 453.)
— siehe auch Renaissancearchitektur.
Beethoven siehe Haydn.
Bildenden Kunst, Bau und Leben der. Von Dir. Prof. Dr. Th. Volbehr. 2. Aufl. Mit 44 Abb. (Bd. 68.)
— siehe auch Stile.
Björnson siehe Ibsen.
Buch. Wie ein Buch entsteht siehe VI.
Buchgewerbe. Das B. und die Kultur siehe IV.
Dekorative Kunst des Altertums. Von Dr. Fr. Poulsen. Mit 112 Abb. (Bd. 454.)
Drama, Das. Von Dr. B. Busse. Mit 3 Abb. 3 Bde. **Bd. I: Von der Antike zum franz. Klassizismus.** (Bd. 287.)
Bd. II: Von Versailles bis Weimar. (Bd. 288.)
Bd. III: Von der Romantik zur Gegenwart. (Bd. 289.)
— siehe auch Grillparzer, Lessing, Schiller, Shakespeare und Theater.
Drama, Das deutsche, des 19. Jahrh. In i. Entwickl. dargest. von Prof. Dr. G. Witkowski. 4. Aufl. Mit 1 Bildnis Hebbels. (Bd. 51.)
Drama, Dtsches, d. 19. Jhrh. siehe auch Hebbel, Hauptmann, Ibsen.
Dürer, Albrecht. Von Dr. R. Wustmann. Mit 33 Abb. (Bd. 97.)
Französische Roman, Der, und die Novelle. Von O. Flake. (Bd. 377.)
Frauendichtung. Geschichte der deutschen F. seit 1800. Mit 3 Bildnissen auf 1 Tafel. Von Dr. H. Spiero. (Bd. 390.)
Griechische Komödie, Die. Von Prof. Dr. A. Körte. Mit einem Titelbild und 2 Tafeln. (Bd. 400.)
Griechische Kunst. Die Blütezeit der g. K. im Spiegel der Reliefsarkophage. Eine Einführung in die griech. Plastik. Von Dr. H. Wachtler. Mit 8 Taf. u. 32 Abb. (Bd. 272.)
— siehe auch Dekorative Kunst.
Grillparzer, Franz. Der Mann u. d. Werk. V. Prof. Dr. A. Kleinberg. (Bd. 513.)
Harmonium siehe Tasteninstrumente.
Hauptmann, Gerhart. V. Prof. Dr. E. Sulger-Gebing. Mit 1 Bildn. (Bd. 283.)
Haydn, Mozart, Beethoven. Von Prof. Dr. E. Krebs. 2. Aufl. Mit 4 Bildn. (Bd. 92.)
— siehe auch Oper.
Hebbel, Friedrich. Von Prof. Dr. O. Walzel. Mit 1 Bildnis. (Bd. 408.)
Heldensage, Die germanische. Von Dr. J. W. Bruinier. (Bd. 486.)
— siehe auch Volkssage.
Homerische Dichtung, Die. Von Rektor Dr. G. Finsler. (Bd. 496.)
Ibsen, Björnson und ihre Zeitgenossen. Von weil. Prof. Dr. B. Kahle. 2. Aufl. von Dr. G. Morgenstern. Mit 7 Bildn. (Bd. 74.)

Impressionismus. Die Maler des I. Von Prof. Dr. L. Lázár. Mit 32 Abb. u. 1 farb. Tafel. (Bd. 395.)
Klavier siehe Tasteninstrumente.
Kunst, Deutsche, im täglichen Leben bis zum Schlusse d. 18. Jahrh. V. Prof. Dr. B. Haendcke. Mit 63 Abb. (Bd. 198.)
Kunst siehe auch Dekorative, Griechische, Ostasiatische Kunst.
Kunstpflege in Haus und Heimat. Von Superint. R. Bürkner. 2. Aufl. Mit 29 Abb. (Bd. 77.)
— **Das deutsche Haus und sein Hausrat.** Von Prof. Dr. R. Meringer. Mit 106 Abb. (Bd. 116.)
— siehe auch Wohnungseinricht. Abt. VI.
Lessing. Von Dr. Ch. Schrempf. Mit einem Bildnis. (Bd. 403.)
Lyrik. Geschichte d. deutsch. L. I. Claudius. V. Dr. H. Spiero. 2. Aufl. (Bd. 254.)
— siehe auch Minnesang, Frauendichtung, Volkslied.
Maler, Die altdeutschen, in Süddeutschland. Von H. Nemitz. Mit Bilderanhang. (Bd. 464.)
— siehe auch Dürer, Michelangelo, Impressionismus.
Malerei, Die deutsche, im 19. Jahrh. Von Prof. Dr. R. Hamann. 2 Bände Text, 2 Bände mit 57 ganzseitigen und 200 halbseitigen Abb., auch in 1 Halbpergamentbd. zu M. 6.—. (Bd. 448—451.)
Malerei, Niederländische, im 17. Jahrh. Von Dr. H. Jantzen. Mit zahlr. Abb.
— siehe auch Rembrandt. [(Bd. 373.)
Michelangelo. Von Prof. Dr. E. Hildebrandt. Mit 44 Abb. (Bd. 392.)
Minnesang. Von Dr. J. W. Bruinier.
Mozart siehe Haydn. [(Bd. 404.)
Musik. Die Grundlagen d. Tonkunst. Versuch einer genetischen Darstellung der allgemeinen Musiklehre. Von Prof. Dr. H. Rietsch. (Bd. 178.)
— **Musik. Kompositionsformen.** V. H. G. Kallenberg. 2 Bde. Bd. I: Die elementaren Tonverbindungen als Grundlage der Harmonielehre. Bd. II: Kontrapunktik u. Formenl. (Bd. 412, 413.)
— siehe auch Haydn, Mozart, Beethoven, Wagner.
Musikgeschichte. Von Dr. A. Einstein. (Bd. 143.)
Musikal. Romantik. Die Blütezeit der m. R. in Deutschland. Von Dr. E. Istel. Mit 1 Silhouette. (Bd. 239.)
Mythologie, Germanische. Von Prof. Dr. J. v. Negelein. 2. Aufl. (Bd. 95.)
— siehe auch Volkssage, Deutsche.
Novelle siehe Roman.
Oper, Die moderne. Vom Tode Wagners bis zum Weltkrieg (1883—1914). Von Dr. E. Istel. Mit 3 Bildn. (Bd. 495.)
— siehe auch Haydn, Wagner.
Orchester. Die Instrumente des Orch. Von Prof. Dr. Fr. Volbach. Mit 60 Abb. (Bd. 384.)
— **Das moderne Orchester in seiner Entwicklung.** Von Prof. Dr. Fr. Volbach. Mit Partiturbeisp. u. 3 Taf. (Bd. 308.)
Orgel siehe Tasteninstrumente.
Ostasiatische Kunst und ihr Einfluß auf Europa. Von Dir. Prof. Dr. R. Graul. Mit 49 Abb. (Bd. 87.)
Personennamen, Die deutschen. Von Dir. A. Bähnisch. 2. Aufl. (Bd. 296.)
Perspektive, Grundzüge der. V. Prof. Dr. K. Doehlemann. M. Fig. (Bd. 510.)
Plastik siehe Griechische Kunst.
Poetik. Von Dr. R. Müller-Freienfels. (Bd. 460.)
Rembrandt. Von Prof. Dr. P. Schubring. Mit 50 Abb. (Bd. 158.)
Renaissancearchitektur in Italien. Von Dr. P. Frankl. Mit 12 Taf. u. 27 Textabb. (Bd. 381.)
Rhetorik. Von Dr. E. Geißler. Bd. I. Richtlinien für die Kunst des Sprechens. 2. Aufl. Bd. II. Anweisungen zur Kunst der Rede. (Bd. 455/456.)
— siehe auch Sprechen und Stimme. Abt. V.
Roman. Der französische Roman und die Novelle. Von O. Flake. (Bd. 377.)
Romantik, Deutsche. Von Prof. Dr. O. Walzel. 2. Aufl. (Bd. 232.)
Romantik siehe auch Musikal. Romantik.
Schiller. Von Prof. Dr. Th. Ziegler. Mit 1 Bildn. 2. Aufl. (Bd. 74.)
Schillers Dramen. Von Progymnasialdirektor E. Heusermann. (Bd. 493.)
Shakespeare und seine Zeit. Von Prof. Dr. E. Sieper. Mit 3 Tafeln und 3 Textabbildungen. 2. Aufl. (Bd. 185.)
Sprachbau. Die Haupttypen des menschlichen S. Von weil. Prof. Dr. F. N. Finck. (Bd. 268.)
Sprache. Die deutsche S. von heute. Von Dr. W. Fischer. (Bd. 475.)
Sprachstämme des Erdkreises. Von weil. Prof. Dr. F. N. Finck. 2. Aufl. (Bd. 267.)
Sprachwissenschaft. Von Prof. Dr. Kr. Sandfeld-Jensen. (Bd. 472.)
Sprechen. Wie wir sprechen. Von Dr. E. Richter. Mit 20 Abb. (Bd. 354.)
— siehe auch Rhetorik.
Stile. Die Entwicklungsgeschichte der Stile in der bildenden Kunst. Von Dr. E. Cohn-Wiener. 2 Bde.
Bd. I: Vom Altertum bis zur Gotik. Mit 57 Abb. (Bd. 317.)
Bd. II: Von der Renaissance b. z. Gegenwart. Mit 31 Abb. (Bd. 318.)

Tasteninstrumente. Klavier, Orgel, Harmonium. V. Prof. Dr. O. Bie. (Bd. 325.)
Theater, Das. Schauspielhaus und Schauspielkunst vom griech. Altert. bis auf die Gegenwart. Von Professor Dr. Chr. Gaehde. 2. Aufl. M. 18 Abb. (Bd. 230.)
Tonkunst siehe Musik.
Urheberrecht siehe VI.
Volkslied, Das deutsche. Über Wesen und Werden deutschen Volksgesanges. Von Dr. J. W. Bruinier. 5. Aufl. (Bd. 7.)
Volkssage, Die deutsche. Von Dr. O. Böckel. 2. Aufl. (Bd. 262.)
— siehe auch Heldensage, Mythologie.
Wagner, Das Kunstwerk Richard Wagners. Von Dr. E. Istel. Mit Bildn. (Bd. 330.)
— siehe auch Musik. Romantik u. Oper.
Zeitungswesen von Dr. H. Diez. (Bd. 328.)

IV. Geschichte, Kulturgeschichte und Geographie.

Alpen, Die. Von H. Reishauer. Mit 26 Abb. u. 2 Karten. (Bd. 276.)
Altertum, Das, im Leben der Gegenwart. V. Prof. Dr. W. Cauer. 2. A. (Bd. 356.)
Amerika. Geschichte der Vereinigten Staaten von A. Von Prof. Dr. E. Daenell. 2. Aufl. (Bd. 147.)
— **Südamerika.** Von Prof. Dr. F. Regel. (Bd. 544.)
Amerikaner, Die. Von R. M. Butler. Deutsch v. Prof. Dr. W. Taszkowski (Bd. 319.)
— siehe ferner Lehrerbildung, Volksschule, Techn. Hochschulen, Universitäten Amerikas in Abt. II.
Antike Wirtschaftsgeschichte. Von Dr. O. Neurath. (Bd. 258.)
Australien und Neuseeland. Land, Leute und Wirtschaft. Von Prof. Dr. R. Schachner. (Bd. 366.)
Baltischen Provinzen, Die. Von Dr. Valerian Tornius. (Bd. 542.)
Bauernhaus. Kulturgeschichte des deutschen B. Von Reg.-Baumeister Chr. Rauck. 2. Aufl. Mit 70 Abb. (Bd. 121.)
Bauernstand. Geschichte des deutschen B. Von Prof. Dr. H. Gerdes. Mit 21 Abb. (Bd. 320.)
Belgien. Von Dr. P. Oswald. Mit fünf Karten. (Bd. 501.)
Bismarck und seine Zeit. Von Dr. B. Valentin. Mit einem Bildn. Bismarcks. 13.—15. Tausend. (Bd. 500.)
Brandenburgisch-preußische Geschichte. Von Archivassistent Dr. Fr. Israel. I. Von den Anfängen bis auf die Regierung Friedrich Wilhelms I. II. Von der Regierung Friedrich d. Großen bis zur neuesten Zeit. (Bd. 521.)
Buchgewerbe. Das B. und die Kultur. Mit 1 Abb. (Bd. 182.)
— siehe auch Schrift- und Buchwesen.
Byzant. Charakterköpfe. V. Privatdoz. Dr. K. Dieterich. Mit 2 Bildn. (Bd. 244.)
Charakterbilder aus deutscher Geschichte siehe Von Luther zu Bismarck.
Deutsch: Deutsches Bauernhaus s. Bauernhaus. — Deutscher Bauernstand s. Bauernstand. — Deutsches Dorf s. Dorf. — Deutsche Einheit s. Vom Bund zum Reich. — Deutsches Frauenleben s. Frauenleben. — Deutsche Geschichte s. Geschichte. — Deutscher Handel s. Handel. — Deutsches Haus s. Haus. — Deutsche Kolonien s. Kolonien. — Deutsche Sprache s. Sprache. Abt. III. — Deutsche Städte s. Städte. — Deutsche Verfassung, Verfassungsrecht s. Verfassung, Verfassungsrecht. — Deutsche Volksstämme, Volkstrachten s. Volksfeste, Volksstämme usw. — Deutsches Wirtschaftsleb. s. Wirtschaftsl. usw.
Deutschtum im Ausland, Das. Von Prof. Dr. R. Hoeniger. (Bd. 402.)
Dorf, Das deutsche. Von R. Mielke. 2. Aufl. Mit 51 Abb. (Bd. 192.)
England. England und Deutschland in ihren Beziehungen vom Mittelalter bis zur Gegenwart. Von Prof. Dr. W. Langenbeck. (Bd. 543.)
— **Englands Weltmacht in ihrer Entwicklung vom 17. Jahrhundert bis auf unsere Tage.** V. Prof. Dr. W. Langenbeck. 2. Aufl. Mit 19 Bildn. (Bd. 174.)
Entdeckungen, Das Zeitalter der. Von Prof. Dr. S. Günther. 3. Aufl. Mit 1 Weltkarte. (Bd. 26.)
Familienforschung. Von Dr. E. Devrient. M. 7 Abb. u. 2 Taf. (Bd. 350.)
Frauenbewegung. Die moderne. Ein geschichtlicher Überblick. Von Dr. K. Schirmacher. 2. Aufl. (Bd. 67.)
Frauenleben, Deutsch., i. Wandel d. Jahrhunderte. Von Dr. Ed. Otto. (Bd. 45.)
Friedrich d. Gr. V. Prof. Dr. Th. Bitterauf. 2. A. M. 3 Bild. (Bd. 246.)
Gartenkunst. Geschichte d. G. Von Reg.-Baumeister Chr. Rauck. Mit 41 Abb. (Bd. 274.)
Germanische Heldensage siehe Heldensage.
Germanische Kultur in der Urzeit. Von Prof. Dr. G. Steinhausen. 2. Aufl. Mit 13 Abb. (Bd. 75.)
Geschichte, Deutsche siehe Von Luther zu Bismarck, Brandenburg.-preußische Geschichte, Friedrich der Große, Restauration u. Revolution, Von Jena bis zum Wiener Kongreß, Revolution 1848, Reaktion u. neue Ära, Vom Bund zum Reich, Moltke, Bismarck.
Griechentum. Seine Entwicklung bis zur römischen Kaiserzeit. V. Prof. Dr. R. v. Scala. Mit 46 Abb. (Bd.

Griechische Städte. Kulturbilder aus gr. St. Von Oberlehrer Dr. E. Ziebarth. 2. A. M. 23 Abb. u. 2 Tafeln. (Bd. 131.)

Handel. Geschichte des Welthandels. Von Prof. Dr. M. G. Schmidt. 2. Aufl. (Bd. 118.)

— Geschichte des deutschen Handels. Von Prof. Dr. W. Langenbeck. (Bd. 237.)

Handwerk. Das deutsche, in seiner kulturgeschichtlichen Entwicklung. Von Dir. Dr. E. Otto. 4. Aufl. Mit 27 Abb. (Bd. 14.)

Haus, Das deutsche, und sein Hausrat. Von Prof. Dr. R. Meringer. Mit 106 Abb. (Bd. 116.)

— **Kunstpflege in Haus und Heimat.** Von Superintendent R. Bürkner. 2. Aufl. Mit 29 Abb. (Bd. 77.)

— s. auch Wohnungseinrichtung Abt. VI.

Heldensage, Die germanische. Von Dr. J. W. Brutnier. (Bd. 486.)

Holland siehe Städtebilder, Historische.

Japaner, Die, i. d. Weltwirtschaft. V. Prof. Dr. K. Rathgen. 2. Aufl. (Bd. 72.)

Jesuiten, Die. Eine histor. Skizze. Von Prof. Dr. H. Boehmer. 3. Aufl. (Bd. 49.)

Internationale Leben, Das, der Gegenwart. Von A. H. Fried. Mit 1 Tafel. (Bd. 226.)

Island, das Land und das Volk. Von Prof. Dr. P. Herrmann. Mit 9 Abb.

Kalender siehe Abt. V. (Bd. 461.)

Kolonien, Die deutschen. (Land und Leute.) Von Dr. A. Heilborn. 3. Aufl. Mit 28 Abb. u. 8 Karten. (Bd. 98.)

Kolonialgeschichte, Allgemeine. Von Prof. Dr. F. Keutgen. 2 Bde. (Bd. 545/546.)

— **Unsere Schutzgebiete** nach ihren wirtschaftl. Verhältnissen. Von Dr. Chr. G. Barth. (Bd. 290.)

Krieg, Der, im Zeitalter des Verkehrs und der Technik. Von Major A. Meyer. M. 3 Abb. u. 2 Taf. (Bd. 271.)

— **Vom Kriegswesen im 19. Jahrhundert.** Von Major O. v. Sothen. Mit 9 übersichtskarten. (Bd. 59.)

— **Krieg und Sieg.** Eine kurze Darstellung moderner Kriegskunst. Von Major a. D. F. C. Endres. (Bd. 519.)

— siehe auch Seekrieg.

Mensch und Erde. Skizzen von den Wechselbeziehungen zwischen beiden. Von weil. Prof. Dr. A. Kirchhoff. 4. Auflage. (Bd. 31.)

Mittelalterliche Kulturideale. Von Prof. Dr. P. Wedel. 2 Bde.
Bd. I: Heldenleben. Bd. II: Ritterromantik. (Bd. 292, 293.)

Moltke. V. Kaiserl. Ottoman. Major a. D. F. C. Endres. Mit 1 Bildn. (Bd. 415.)

Münze, Die, als historisches Denkmal sowie ihre Bedeutung im Rechts- und Wirtschaftsleben. Von Prof. Dr. A. Luschin v. Ebengreuth. Mit 53 Abb.

— siehe auch Geld. Abt. VI. (Bd. 91.)

Mythologie siehe I. und III.

Napoleon I. Von Prof. Dr. Th. Bitterauf. 2. Aufl. Mit 1 Bildn. (Bd. 195.)

Nationalbewußtsein, Die Entwicklung des deutschen. Von Prof. Dr. Joachimsen. (Bd. 511.)

Naturvölker, Die geistige Kultur der N. Von Prof. Dr. K. Th. Preuß. Mit 9 Abb. (Bd. 452.)

Orient, Der. Eine Länderkunde. Von E. Banse. 3 Bde.
Bd. I: Die Atlasländer. Marokko, Algerien, Tunesien. Mit 15 Abb., 10 Kartenskizzen, 3 Diagr. u. 1. Tafel. (Bd. 277.)
Bd. II: Der arabische Orient. Mit 29 Abb. und 7 Diagrammen. (Bd. 278.)
Bd. III: Der arische Orient. Mit 34 Abb., 3 Karten u. 2 Diagr. (Bd. 279.)

Österreich. Geschichte der auswärtigen Politik Österreichs im 19. Jahrhundert. Von R. Charmatz. 2 Bde. I. Bis zum Sturze Metternichs. (Bd. 374.) II. Von der Revolution bis zur Annexion (1848 bis 1908). (Bd. 375.)

— **Österreichs innere Geschichte v. 1848 bis 1907.** V. R. Charmatz. 2 Bde. 2. Aufl. Bd. I: D. Vorherrsch. d. Deutschen. Bd. II: Der Kampf d. Nationen. (Bd. 242, 243.)

Ostseegebiet. Mit 21 Abbildungen und 1 mehrfarbigen Karte. Von Privatdozent Dr. G. Braun. (Bd. 367.)

Palästina und seine Geschichte. Von Prof. Dr. H. Freiherr von Soden. 3. Aufl. Mit 2 Karten, 1 Plan u. 6 Anf. (Bd. 6.)

Palästina u. seine Kultur in fünf Jahrtausenden. Von Gymnasialoberlehrer Dr. P. Thomsen. Mit 36 Abb. (Bd. 260.)

Polarforschung. Geschichte der Entdeckungsreisen zum Nord- u. Südpol v. d. ältest. Zeiten bis zur Gegenw. V. Prof. Dr. K. Hassert. 3. Aufl. Mit 6 Kart. (Bd. 38.)

Politik. V. Dr. A. Grabowsky. (Bd. 537.)

Äußere P. d. Großmächte s. 1871. 2 Bde. V. Prof. Dr. H. Hashagen. (Bd. 522, 523.)

Politische Geographie. Von Dr. E. Schöne. (Bd. 353.)

— **Politische Hauptströmungen in Europa im 19. Jahrhundert.** Von weil. Prof. Dr. K. Th. v. Heigel. 3. Aufl. (Bd. 129.)

Pompeji, eine hellenistische Stadt in Italien. Von Prof. Dr. Fr. v. Duhn. 2. Aufl. Mit 62 Abb. (Bd. 114.)

Reaktion und neue Ära. Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der Gegenwart. Von Prof. Dr. R. Schwemer. 2. Aufl. (Bd. 101.)

Religion, Griechische u. israelitische s. **I. Restauration und Revolution.** Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Prof. Dr. R. Schwemer. 3. Aufl. (Bd. 37.)

Revolution. Geschichte der Französischen R. Von Prof. Dr. Th. Bitterauf. Mit 8 Bildern. (Bd. 346.)

— 1848. Sechs Vorträge. Von Prof. Dr. O. Weber. 2. Aufl. (Bd. 53.)

Rom. Das alte Rom. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. O. Richter. Mit Bilderanhang u. 4 Plänen. (Bd. 386.)

— **Soziale Kämpfe i. alt. Rom.** V. Privatdozent Dr. L. Bloch. 3. Aufl. (Bd. 22.)

— **Roms Kampf um die Weltherrschaft.** V. Prof. Dr. J. Kromayer. (Bd. 368.)

Schrift- und Buchwesen in alter und neuer Zeit. Von Prof. Dr. O. Weise. 3. Aufl. Mit 37 Abb. (Bd. 4.)

— siehe auch Buchgewerbe.

Schweiz. Land, Volk, Staat und Wirtschaft. Von Reg.- u. Ständerat Dr. O. Wettstein. Mit 1 Karte. (Bd. 482.)

Seekrieg. Eine geschichtl. Entwicklung vom Zeitalter der Entdeckungen bis zur Gegenwart. Von K. Freiherrn v. Maltzahn, Vizeadmiral a. D. (Bd. 99.)

— **Das Kriegsschiff.** Von Geh. Marinebaurat Krieger. Mit 60 Abb. (Bd. 389.)

Soziale Bewegungen und Theorien bis zur modernen Arbeiterbewegung. Von G. Maier. 4. Aufl. (Bd. 2.)

— siehe auch Abt. VI.

Staat u. Kirche in ihr. gegenseit. Verhältnis seit d. Reformation. V. Pfarrer Dr. phil. A. Pfannkuche. (Bd. 485.)

Städte, Die. Geographisch betrachtet. Von Prof. Dr. K. Hassert. Mit 21 Abb. (Bd. 163.)

— **Deutsche Städte und Bürger im Mittelalter.** Von Prof. Dr. V. Heil. 3. Aufl. Mit zahlr. Abb. (Bd. 43.)

— **Historische Städtebilder aus Holland und Niederdeutschland.** Von Reg.-Baumeister a. D. A. Erbe. Mit 59 Abb. (Bd. 117.)

— siehe auch Griechische Städte, ferner Pompeji, Rom.

Student. Der Leipziger von 1409 bis 1909. Von Dr. W. Bruchmüller. Mit 25 Abb. (Bd. 273.)

Studententum. Geschichte d. deutschen St. Von Dr. W. Bruchmüller. (Bd. 477.)

Verfassung. Grundzüge der V. des Deutschen Reiches. Von Prof. Dr. E. Löning. 4. Aufl. (Bd. 34.)

Verfassungsrecht, Deutsches, in geschichtlicher Entwicklung. Von Prof. Dr. Ed. Hubrich. 2. Aufl. (Bd. 80.)

Völkerkunde, Allgemeine. Von Dr. Adolf Heilborn. 2 Bände.

Bd. I: Das Feuer, der Nahrungserwerb, Wohnung, Schmuck und Kleidung. Mit 54 Abbildungen. (Bd. 487.)

Bd. II: Waffen und Werkzeuge, die Industrie, Handel und Geld, die Verkehrsmittel. Mit 51 Abb. (Bd. 488.)

Bd. III: Die geistige Kultur der Naturvölker. Von Prof. Dr. K. Th. Preuß. Mit 9 Abbildungen. (Bd. 452.)

Volksfeste, deutsche, und Volksbräuche. Von Dr. E. Fehrle. (Bd. 518.)

Volksstämme, Die deutschen, und Landschaften. Von Prof. Dr. O. Weise. 4. Aufl. Mit 29 Abb. (Bd. 16.)

Volkstrachten, Deutsche. Von Pfarrer C. Spieß. Mit 11 Abb. (Bd. 342.)

Vom Bund zum Reich. Neue Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Prof. Dr. R. Schwemer. 2. Aufl. (Bd. 102.)

Von Jena bis zum Wiener Kongreß. Von Prof. Dr. G. Roloff. (Bd. 465.)

Von Luther zu Bismarck. 12 Charakterbilder aus deutscher Geschichte. Von Prof. Dr. O. Weber. 2 Bde. 2. Aufl. (Bd. 123, 124.)

Wirtschaftliche Erdkunde. Von weil. Prof. Dr. Chr. Gruber. 2. Aufl. Bearb. von Prof. Dr. K. Dove. (Bd. 122.)

Wirtschaftsleben, Deutsches. Auf geogr. Grundlage geschildert. Von weil. Prof. Dr. Chr. Gruber. 3. Aufl. Neubearb. von Dr. H. Reinlein. (Bd. 42.)

— **Die Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens** siehe VI.

Wirtschaftsgeschichte, Antike. Von Dr. O. Neurath. (Bd. 258.)

V. Mathematik, Naturwissenschaften und Medizin.

Aberglaube, Der, in der Medizin und seine Gefahr für Gesundheit und Leben. Von Prof. Dr. D. v. Hansemann. 2. Aufl. (Bd. 83.)

Abstammungs- und Vererbungslehre, Experimentelle. Von Dr. H. Lehmann. Mit 26 Abb. (Bd. 379.)

Abstammungslehre und Darwinismus. Von Prof. Dr. R. Hesse. 4. Aufl. Mit 37 Fig. (Bd. 39.)

Abwehrkräfte des Körpers, Die. Einführung in die Immunitätslehre. Mit 52 Abbildungen. Von Privatdozent Dr. med. H. Kämmerer. (Bd. 479.)

Algebra siehe Arithmetik.

Alkoholismus, Der. Von Dr. G. B. Gruber. Mit 7 Abb. (Bd. 103.)

Ameisen, Die. Von Dr. Fr. Knauer. Mit 61 Fig. (Bd. 94

Anatomie des Menschen, Die. Von Prof. Dr. K. v. Bardeleben. 6 Bde.
I. Teil: Zellen- und Gewebelehre. Entwicklungsgeschichte. Der Körper als Ganzes. Mit 70 Abb. 2. Aufl. (Bd. 418.)
II. Teil: Das Skelett. Mit 53 Abbild. 2. Aufl. (Bd. 419.)
III. Teil: Das Muskel- und Gefäßsystem. Mit 68 Abb. 2. Aufl. (Bd. 420.)
IV. Teil: Die Eingeweide (Darm-, Atmungs-, Harn- und Geschlechtsorgane). Mit 39 Abb. 2. Aufl. (Bd. 421.)
V. Teil: Nervensystem und Sinnesorgane. Mit 50 Abb. (Bd. 422.)
VI. Teil: Statik und Mechanik des menschl. Körpers. M. 26 Abb. (Bd. 423.)

Anatomie siehe auch Wirbeltiere.

Aquarium, Das. Von E. W. Schmidt. Mit 15 Fig. (Bd. 335.)

Arbeitsleistungen des Menschen, Die. Von Prof. Dr. Boruttau. (Bd. 540.)

Arithmetik und Algebra zum Selbstunterricht. Von Prof. Dr. P. Crantz. 2 Bde.
I. Teil: Die Rechnungsarten. Gleichungen ersten Grades mit einer und mehreren Unbekannten. Gleichungen zweiten Grades. 3. Aufl. Mit 9 Fig. (Bd. 120.)
II. Teil: Gleichungen. Arithmetische und geometrische Reihen. Zinseszins- u. Rentenrechnung. Komplexe Zahlen. Binomischer Lehrsatz. 2. A. Mit 21 Fig. (Bd. 205.)

Arzneimittel und Genußmittel. Von Prof. Dr. O. Schmiedeberg. (Bd. 363.)

Arzt, Der. Seine Stellung und Aufgaben im Kulturleben der Gegenw. Von Dr. med. M. Fürst. (Bd. 265.)

Astronomie. Probleme der modernen Astr. Von Prof. Dr. S. Oppenheim. Mit 11 Fig. (Bd. 355.)

— **Astronomie in ihrer Bedeutung für das praktische Leben.** Von Prof. Dr. A. Marcuse. Mit 26 Abb. (Bd. 378.)

— siehe auch Weltall, Weltbild, Sonne, Mond, Planeten.

Atome. Moleküle — Atome — Weltäther. Von Prof. Dr. G. Mie. 3. Aufl. Mit 27 Fig. (Bd. 58.)

Auge des Menschen, Das, und seine Gesundheitspflege. Von Prof. Dr. G. Abelsdorff. Mit 15. Abb. (Bd. 149.)

— **Auge, Das, und die Brille.** Von Dr. M. v. Rohr. Mit 84 Abb. und 1 Lichtdrucktafel. (Bd. 372.)

Bakterien, Die, im Kreislauf des Stoffes in der Natur und im Haushalt des Menschen. Von Prof. Dr. E. Gutzeit. Mit 13 Abb. (Bd. 233.)

— **Die krankheiterregenden Bakterien.** Von Privatdozent Dr. M. Loehlein. Mit 33 Abb. (Bd. 307.)

— siehe auch Abwehrkräfte, Desinfektion.

Bau und Tätigkeit des menschlichen Körpers. Von Prof. Dr. H. Sachs. 3. Aufl. Mit 37 Abb. (Bd. 32.)

Befruchtungsvorgang, Der, sein Wesen und seine Bedeutung. Von Dr. E. Teichmann. 2. Aufl. Mit 7 Abb. und 4 Doppeltafeln. (Bd. 70.)

Biochemie. Einführung in die B. Von Prof. Dr. W. Löb. Mit 12 Fig. (Bd. 352.)

Biologie, Allgemeine. Von Prof. Dr. H. Miehe. 2. Aufl. Mit 40 Fig. (Bd. 130.)

— **Experimentelle.** Von Dr. C. Thesing. Mit Abb. 2 Bde. Bd. I: Experim. Zellforschung. Bd. II: Regeneration, Transplantat. u. verw. Gebiete. (Bd. 336, 337.)

— siehe a. Abstammungslehre u. Befruchtungsvorgang, Lebewesen, Organismen, Mensch u. Tier, Sexualbiologie, Urtiere.

Blumen. Unsere Bl. und Pflanzen im Garten. Von Prof. Dr. U. Dammer. Mit 69 Abb. (Bd. 360.)

— **Unsere Bl. und Pflanzen im Zimmer.** Von Prof. Dr. U. Dammer. Mit 65 Abb. (Bd. 359.)

— siehe auch Garten.

Blut. Herz. Blutgefäße und Blut und ihre Erkrankungen. Von Prof. Dr. H. Rosin. Mit 18 Abb. (Bd. 312.)

Botanik siehe Blumen, Kulturpflanzen, Kolonialbotanik in Abt. VI.

Brille. Das Auge und die Br. Von Dr. M. v. Rohr. Mit 84 Abb. und 1 Lichtdrucktafel. (Bd. 372.)

Chemie. Einführung in die chemische Wissenschaft. Von Prof. Dr. W. Löb. Mit 16 Fig. (Bd. 264.)

— **Einführung in die organ. Chemie:** Natürl. und künstl. Pflanzen- u. Tierstoffe. Von Dr. B. Bavink. 2. Aufl. Mit 7 Fig. (Bd. 187.)

— **Einführung i. d. analyt. Chemie.** V. Dr. F. Rüsberg. 2 Bde. (Bd. 524, 525.)

— siehe a. Biochemie, Elektrochemie, Luft, Photochemie; Chemische Technik Abt. VI.

— **Chemie in Küche und Haus.** Von Dr. J. Klein. 3. Aufl. (Bd. 76.)

Chirurgie, Die, unserer Zeit. Von Prof. Dr. Feßler. Mit 52 Abb. (Bd. 339.)

Darwinismus. Abstammungslehre und D. Von Prof. Dr. R. Hesse. 4. Aufl. Mit 37 Fig. (Bd. 39.)

Desinfektion, Sterilisation und Konservierung. Von Reg.- u. Med.-Rat Dr. O. Solbrig. Mit 20 Abbildungen im Text. (Bd. 401.)

Differential- u. Integralrechnung. Von Dr. M. Lindow. (Bd. 387.)

Eiszeit, Die, und der vorgeschichtliche Mensch. Von Prof. Dr. G. Steinmann. Mit 24 Abb. (Bd. 302.)

Elektrochemie. Von Prof. Dr. K. Arndt. Mit 38 Abb. (Bd. 234.)

Elektrotechnik, Grundlagen der E. Von Dr. A. Roth. Mit 72 Abb. (Bd. 391.)

Energie, Die Lehre von der E. Von Dr. A. Stein. 2. Aufl. Mit 13 Fig. (Bd. 257.)

Ernährung und Volksnahrungsmittel. Von weil. Prof. Dr. J. Frentzel. 2. Aufl. von Geh.-Rat Prof. Dr. N. Zuntz. Mit 7 Abb. u. 2 Taf. (Bd. 19.)

Garten. Der Kleine. Von Redakteur Joh. Schneider. Mit 80 Abb. (Bd. 498.)

— **Der Hausgarten.** Von Gartenarchitekt W. Schubert. Mit Abb. (Bd. 502.)

— siehe auch Blumen, Pflanzen, Gartenkunst, Gartenstadtbewegung Abt. VI.

Gebiß, Das menschliche, seine Erkrankung und Pflege. Von Zahnarzt Fr. Jäger. Mit 24 Abb. (Bd. 229.)

Geisteskrankheiten. Von Anstaltsoberarzt Dr. G. Ilberg. (Bd. 151.)

Genußmittel siehe Kaffee, Tee, Kakao, Tabak, Arzneimittel u. Genußmittel.

Geologie, Allgemeine. Von Geh. Bergrat Prof. Dr. Fr. Frech. 2. u. 3. Aufl.

Bd. I: Vulkane einst und jetzt. Mit 80 Abb. (Bd. 207.)

Bd. II: Gebirgsbau und Erdbeben. Mit 57 Abb. (Bd. 208.)

Bd. III: Die Arbeit des fließenden Wassers. Mit 56 Abb. (Bd. 209.)

Bd. IV: Die Arbeit des Ozeans und die chemische Tätigkeit des Wassers im allgemeinen. Mit 1 Titelbild und 51 Abb. (Bd. 210.)

Bd. V: Kohlenbildung und Klima der Vorzeit. Mit 1 Titelbild und 49 Abb. (Bd. 211.)

Bd. VI: Gletscher einst und jetzt. Mit 1 Titelbild und 65 Abb. (Bd. 61.)

Geometrie. Darstellende G. Von Oberl. P. B. Fischer. (Bd. 541.)

— **Analytische G. zum Selbstunterricht.** Von Dr. P. Crantz. Mit 55 Fig. (Bd. 504.)

— s. auch Stereometrie, Trigonometrie.

Geschlechtskrankheiten, ihr Wesen, ihre Verbreitung, Bekämpfung und Verhütung. Von Generalarzt Prof. Dr. W. Schumburg. 3. Aufl. Mit 4 Abb. und 1 Tafel. (Bd. 251.)

Gesundheitslehre. Acht Vorträge aus der G. Von weil. Prof. Dr. H. Buchner. 4. Aufl. bes. v. Obermedizinalr. Prof. Dr. M. v. Gruber. Mit 26 Abb. (Bd. 1.)

— **Gesundheitslehre für Frauen.** Von Prof. Dr. K. Baisch. (Bd. 538.)

— siehe auch Abwehrkräfte, Bakterien, Leibesübungen.

Gesundheitspolitik und Gesundheitsgesetzgebung. Von Obermedizinalrat Prof. Dr. M. v. Gruber. (Bd. 531.)

Graphische Darstellung, Die. B. Prof. Dr. F. Auerbach. Mit 100 Abb. (Bd. 437.)

Haushalt siehe Bakterien, Chemie, Desinfektion, Naturwissenschaften, Physik.

Haustiere. Die Stammesgeschichte unserer H. Von Prof. Dr. C. Keller. Mit 28 Fig. (Bd. 252.)

— siehe auch Tierzüchtung Abt. VI.

Heilwissenschaft, Die moderne. Wesen und Grenzen des ärztlichen Wissens. Von Dr. E. Biernacki. Deutsch von Dr. S. Ebel. (Bd. 25.)

Herz, Blutgefäße und Blut und ihre Erkrankungen. Von Prof. Dr. H. Rosin. Mit 18 Abb. (Bd. 312.)

Hypnotismus und Suggestion. Von Dr. E. Trömner. 2. Aufl. (Bd. 199.)

Immunitätslehre siehe Abwehrkräfte des Körpers.

Infinitesimalrechnung. Einführung in die I. Von Prof. Dr. G. Kowalewski. 2. Aufl. Mit 18 Fig. (Bd. 197.)

Integralrechnung siehe Differentialrechnung.

Kaffee, Tee, Kakao u. die übrig. narkotisch. Getränke. Von Prof. Dr. A. Wieler. Mit 24 Abb. u. 1 Karte. (Bd. 132.)

Kalender, Der. Von weil. Prof. Dr. W. F. Wislicenus. 2. Aufl. (Bd. 69.)

Konservierung siehe Desinfektion.

Korallen u. and. gesteinbild. Tiere. B. Prof. Dr. W. May. Mit 45 Abb. (Bd. 231.)

Kosmetik. Ein kurzer Abriß der ärztlichen Verschönerungskunde. Mit Abb. Von Dr. J. Saudek. (Bd. 489.)

Krebs, Der, Von Prof. Dr. R. Werner. (Bd. 494.)

Kulturpflanzen. Unsere wichtigsten K. (Die Getreidegräser.) Von Prof. Dr. K. Giesenhagen. 2. Aufl. Mit 38 Fig. (Bd. 10.)

Lebewesen. Die Beziehungen der Tiere und Pflanzen zueinander. Von Prof. Dr. K. Kraepelin. Mit 132 Abb.

— — I. Der Tiere zueinander. (Bd. 426.)

— — II. Der Pflanzen zueinander und zu den Tieren. (Bd. 427.)

— siehe auch Organismen, Biologie.

Leibesübungen, Die, und ihre Bedeutung für die Gesundheit. Von Prof. Dr. R. Zander. 3. Aufl. Mit 19 Abb. (Bd. 13.)

Licht, Das, und die Farben. Von Prof. Dr. L. Graetz. 4. Aufl. Mit 117 Abb. (Bd. 17.)

Luft, Wasser, Licht und Wärme. Neun Vorträge aus dem Gebiete der Experimentalchemie. Von Prof. Dr. R. Blochmann. 4. Aufl. Mit 115 Abb. (Bd. 5.)

Luftstickstoff, Der, und seine Verwertung. Von Prof. Dr. K. Kaiser. Mit 13 Abb. (Bd. 313.)

Mathematik. Einführung in die M. Von Oberl. W. Mendelssohn. (Bd. 508.)

— **Praktische M.** Von Dr. R. Neuendorff. I. Teil: Graphisches und numerisches Rechnen, kaufm. Rechnen i. tägl. Leben, Wahrscheinlichkeitsrechnung. Mit 62 Fig. u. 1 Tafel. (Bd. 341.)

II. Teil: Geometr. Konstruktionen, Perspektive, Ort-, Zeit- u. Entfernungrechnungen. (Bd

Mathematik. Naturwissenschaften und M. im klassischen Altertum. Von Prof. Dr. Joh. L. Heiberg. (Bd. 370.)
— **Mathematische Spiele.** Von Dr. W. Ahrens. 2. Aufl. Mit 70 Fig. (Bd. 170.)
Mechanik. Von Kais. Geh. Reg.-Rat A. v. Ihering. 3 Bde. Bd. I: Die Mechanik der festen Körper. Mit 61 Abb. Bd. II: Die Mechanik der flüssigen Körper. Mit 34 Abb. Bd. III: Die Mechanik d. gasförm. Körper. (Bd. 303, 304, 305.)
— siehe auch Statik.
Meer. Das M., seine Erforschung und sein Leben. Von Dr. O. Janson. 3. Aufl. Mit 40 Fig. (Bd. 30.)
Mensch. Entwicklungsgeschichte d. M. V. Dr. A. Heilborn. Mit 60 Abb. (Bd. 388.)
— **Mensch d. Urzeit. Der.** Vier Vorlesung. aus der Entwicklungsgeschichte des Menschengeschlechtes. Von Dr. A. Heilborn. 2. Aufl. Mit zahlr. Abb. (Bd. 62.)
— **Der vorgeschichtl. Mensch** siehe Eiszeit.
— **Mensch u. Erde.** Skizzen von den Wechselbeziehungen zwischen beiden. Von weil. Prof. Dr. A. Kirchhoff. 4. A. (Bd. 31.)
— **Mensch u. Tier. Der Kampf zwischen Mensch und Tier.** Von Prof. Dr. K. Eckstein. 2. Aufl. Mit 51 Fig. (Bd. 18.)
Menschlicher Körper. Bau und Tätigkeit des menschl. K. Von Prof. Dr. H. Sachs. 3. Aufl. Mit 37 Abb. (Bd. 32.)
— siehe auch Anatomie, Arbeitsleistungen, Blut, Herz, Nervensystem, Physiologie, Sinne, Verbildungen.
Mikroskop, Das. Seine Optik, Geschichte u. Anwendung. Von Prof. Dr. Scheffer. Mit 99 Abb. 2. Aufl. (Bd. 235.)
Moleküle — Atome — Weltäther. V. Prof. Dr. G. Mie. 3. A. M. 27 Fig. (Bd. 58.)
Mond, Der. Von Prof. Dr. J. Franz. Mit 31 Abb. (Bd. 90.)
Natur u. Mensch. V. Direkt. Prof. Dr. M. G. Schmidt. Mit 19 Abb. (Bd. 458.)
Naturlehre. Die Grundbegriffe der modernen N. Von Prof. Dr. F. Auerbach. 3. Aufl. Mit 79 Fig. (Bd. 40.)
Naturphilosophie, Die mod. V. Privatdoz. Dr. J. M. Verweyen. (Bd. 491.)
Naturwissenschaften im Haushalt. Von Dr. J. Wongardt. 2 Bde.
I. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für die Gesundheit der Familie? Mit 31 Abb.
II. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für gute Nahrung? Mit 17 Abb. (Bd. 125/126.)
Naturwissenschaften und Mathematik im klassischen Altertum. Von Prof. Dr. Joh. L. Heiberg. (Bd. 370.)
Naturwissenschaft und Religion. N. und R. in Kampf und Frieden. Von Dr. A. Pfannkuche. 2. Aufl. (Bd. 141.)
Naturwissenschaft. u. Technik. Am sausend. Webstuhl der Zeit. Übersicht üb. Wirkung. d. Entwickl. der N. und T. auf d. gesamte Kulturleben. Von Prof. Dr. W. Launhardt. 3. Aufl. Mit 16 Abb. (Bd. 23.)
Nerven. Vom Nervensystem, sein. Bau u. sein. Bedeutung für Leib u. Seele in gesund. u. krank. Zustande. V. Prof. Dr. R. Bander. 2. Aufl. Mit 27 Fig. (Bd. 48.)
— siehe auch Anatomie.
Optik siehe Auge, Brille, Kinematographie, Licht und Farbe, Mikroskop, Spektroskopie, Stereoskop, Strahlen.
Organismen. Die Welt der O. In Entwickl. u. Zusammenhang dargest. V. Prof. Dr. K. Lampert. Mit 52 Abb. (Bd. 236.)
— siehe auch Lebewesen.
Paläozoologie, siehe Tiere der Vorwelt.
Pflanzen. Das Werden und Vergehen der Pfl. Von Prof. Dr. P. Gisevius. Mit 24 Abb. (Bd. 173.)
— **Vermehrung und Sexualität bei den Pflanzen.** Von Prof. Dr. E. Küster. Mit 38 Abb. (Bd. 112.)
— **Die fleischfressenden Pflanzen.** Von Dr. A. Wagner. Mit 82 Abb. (Bd. 344.)
— **Unsere Blumen und Pflanzen im Garten.** Von Prof. Dr. U. Dammer. Mit 69 Abb. (Bd. 360.)
— **Unsere Blumen und Pflanzen im Zimmer.** Von Prof. Dr. U. Dammer. Mit 65 Abb. (Bd. 359.)
— siehe auch Lebewesen.
Pflanzenwelt des Mikroskops, Die. Von Bürgerschullehrer E. Neukauf. Mit 100 Abb. (Bd. 181.)
Photochemie. Von Prof. Dr. G. Kümmell. Mit 23 Abb. (Bd. 227.)
Physik. Werdegang der modernen Ph. Von Dr. H. Keller. Mit 13 Fig. (Bd. 343.)
— **Einleitg. i. d. Experimentalph.** V. Prof. Dr. R. Börnstein. M. 90 Abb. (Bd. 371.)
— **Physik in Küche und Haus.** Von Prof. H. Speitkamp. Mit 51 Abb. (Bd. 478.)
Physiker. Die großen Ph. und ihre Leistungen. Von Prof. Dr. F. A. Schulze. Mit 7 Abb. (Bd. 324.)
Physiologie des Menschen. Von Privatdoz. Dr. A. Lipschütz. 4 Bde. I: Allgem. Physiologie. II: Physiologie d. Stoffwechsels. III: Ph. d. Atmung, d. Kreislaufs u. d. Ausscheidung. IV: Ph. der Bewegung und der Empfindung. (Bd. 527—530.)
Pilze, Die. Von Dr. A. Eichinger. Mit 54 Abb. (Bd. 334.)
Planeten, Die. Von Prof. Dr. B. Peter. Mit 18 Fig. (Bd. 240.)
Planimetrie z. Selbstunterricht. V. Prof. Dr. V. Trantz. Mit 99 Fig. (Bd. 340.)
Radium und Radioaktivität. Von Dr. M. Centnerszwer. Mit 33 Abb. (Bd. 405.)
Rechenmaschinen, Die, und das Maschinenrechnen. Von Reg.-Rat Dipl.-Ing. K. Lenz. Mit 43 Abb. (Bd. 490.)
Säugling, Der, s. Ernährung u. s. Pflege.
Schachspiel, Das, und seine strategischen Prinzipien. Von Dr. M. Lange. 2. Aufl. Mit 2 Bildn., 1 Schachbrettafel u. 43 Darst. v. Übungsbeispiel. (Bd. 281.)

Gesundheitspolitik und Gesundheitsgesetzgebung. V. Obermedizinalrat Prof. Dr. M. v. Gruber. (Bd. 531.)

Getreidegräser siehe Kulturpflanzen.

Gewerblicher Rechtsschutz i. Deutschland. V. Patentanw. B. Tolksdorf. (Bd. 138.)

— siehe auch Urheberrecht.

Graphische Darstellung, Die. V. Prof. Dr. F. Auerbach. Mit 100 Abb. (Bd. 437.)

Handel. Geschichte des Welthandel. Von Prof. Dr. M. G. Schmidt. 2. Aufl. (Bd. 118.)

— **Geschichte des deutschen Handels.** Von Prof. Dr. W. Langenbeck. (Bd 237.)

Handfeuerwaffen, Die. Ihre Entwicklung und Technik. Von Hauptmann R. Weiß. Mit 69 Abb. (Bd. 364.)

Handwerk, Das deutsche, in seiner kulturgeschichtlichen Entwicklung. Von Geh. Schulrat Dr. E. Otto. 4. Aufl. Mit 33 Abb. auf 12 Tafeln. (Bd. 14.)

Haushalt, siehe Bakterien, Chemie, Desinfektion, Jurisprudenz, Naturwissenschaften, Physik.

Häuserbau s. Baukunde, Heizung u. Lüftung, Beleuchtungsw., Wohnungseinr.

Hebezeuge. Das Heben fester, flüssiger und luftförmiger Körper. Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. Mit 67 Abb. (Bd. 196.)

Heizung und Lüftung. Von Ingenieur J. E. Mayer. Mit 40 Abb. (Bd. 241.)

Holz, seine Bearbeitung und Verwendung. V. Insp. J. Großmann. (Bd. 473.)

Hotelwesen, Das. Von P. Dammetienne. Mit 30 Abb. (Bd. 331.)

Hüttenwesen siehe Eisenhüttenwesen.

Japaner, Die, i. d. Weltwirtschaft. V. Prof. Dr. K. Rathgen. 2. Aufl. (Bd. 72.)

Immunitätslehre siehe Abwehrkräfte des Körpers in Abt. V.

Ingenieurtechnik. Bilder aus der J. Von Baur. K. Merckel. M. 43 Abb. (Bd. 60.)

— **Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit.** Von Geh. Regierungsrat M. Geitel. Mit 32 Abb. (Bd. 28.)

Jurisprudenz im häuslichen Leben. Für Familie u. Haushalt. Von Rechtsanwalt P. Bienengräber. 2 Bde. (Bd. 219, 220.)

— siehe auch Miete.

Kabel. Drähte u. K., i. Anfertigung u. Anwend. i. d. Elektrotechn. V. Telegr.-Insp. H. Brick. M. 43 Abb. (Bd. 285.)

Kaffee, Tee, Kakao und die übrigen narkotischen Getränke. Von Prof. Dr. A. Wieler. Mit 24 Abb. und 1 Karte. (Bd. 132.)

Kälte, Die, ihr Wesen, ihre Erzeugung und Verwertung. Von Dr. H. Alt. Mit 45 Abb. (Bd. 311.)

Kaufmann. Das Recht des K. Von Rechtsanwalt Dr. M. Strauß. (Bd. 409.)

Kaufmännische Angestellte. Das Recht der k. A. Von Rechtsanw. Dr. M. Strauß. (Bd. 361.)

Kinematographie. Von Dr. H. Lehmann. Mit 69 Abb. (Bd. 358.)

Klein- und Straßenbahnen. Von Oberingenieur a. D. A. Liebmann. Mit 85 Abb. (Bd. 322.)

— siehe auch Eisenbahnwesen, Verkehrsentwicklung.

Kohlen, Unsere. Von Bergassessor V. Kukuk. Mit 60 Abb. (Bd. 396.)

Kolonialbotanik. Von Prof. Dr. F. Tobler. Mit 21 Abb. (Bd. 184.)

Kolonisation, Innere. Von A. Brenning. (Bd. 261.)

Konservierung siehe Desinfektion.

Konsumgenossenschaft, Die. Von Prof. Dr. F. Staudinger. (Bd. 222.)

— s. auch Mittelstandsbewegung, Wirtschaftliche Organisationen.

Kraftanlagen siehe Feuerungsanlagen und Dampfkessel, Elektr. Kraftübertragung, Dampfmaschine, Wärmekraftmaschine, Wasserkraftmaschine.

Kraftübertragung, Die elektrische. Von Ing. V. Köhn. Mit 137 Abb. (Bd. 424.)

Krieg. Der K. im Zeitalter des Verkehrs und der Technik. Von Major A. Meyer. Mit 3 Abb. (Bd. 271.)

Kriegsschiff, Das. Von Geh. Marinebaurat Krieger. Mit 60 Abb. (Bd. 389.)

Kriminalistik, Moderne. Von Dr. A. Hellwig. Mit 18 Abb. (Bd. 476.)

— siehe auch Verbrechen.

Küche siehe Chemie in Küche und Haus, Physik in Küche und Haus.

Kulturpflanzen. Unsere wichtigsten K. (die Getreidegräser). V. Prof. Dr. K. Giesenhagen. 2. Aufl. M. 38 Fig. (Bd. 10.)

Landwirtschaft, Die deutsche. Von Dr. W. Claaßen. Mit 15 Abb. und 1 Karte. (Bd. 215.)

Landwirtschaftliche Maschinenkunde. Von Prof. Dr. G. Fischer. Mit 62 Abb. (Bd. 316.)

Luftfahrt, Die, ihre wissenschaftlichen Grundlagen und ihre technische Entwicklung. Von Dr. R. Nimführ. 3. Aufl. v. Dr. Fr. Huth. M. 60 Abb. (Bd. 300.)

Luftstickstoff, Der, u. s. Verw. V. Prof. Dr. K. Kaiser. M. 13 Abb. (Bd. 313.)

Lüftung. Heizung und L. Von Ingenieur J. E. Mayer. Mit 40 Abb. (Bd. 241.)

Maschinen siehe Hebezeuge, Dampfmaschine, Wärmekraftmaschine, Wasserkraftmaschine und die folg. Bände.

Maschinenelemente. Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. 2. A. M. 175 Abb. (Bd. 301.)

Maschinenkunde siehe Landwirtschaftl. Maschinenkunde.

Maße und Messen. Von Dr. W. Block. Mit 34 Abb. (Bd. 385.)

Arzneimittel und Genußmittel. Von Prof. Dr. O. Schmiedeberg. (Bd. 363.)
Arzt, Der. Seine Stellung und Aufgaben im Kulturleben der Gegenw. Von Dr. med. M. Fürst. (Bd. 265.)
Automobil, Das. Eine Einführung in Bau und Betrieb des modernen Kraftwagens. Von Ing. K. Blau. 3. Aufl. Mit 86 Abb. u. 1 Titelbild. (Bd. 166.)
Baukunde. Der Eisenbetonbau. V. Dipl.-Ing. E. Haimovici. 81 Abb. (Bd. 275.)
— siehe auch Städtebau.
Baukunst siehe Abt. III.
Beleuchtungswesen, Das moderne. Von Dr. H. Lux. Mit 54 Abb. (Bd. 433.)
Bevölkerungslehre. Von Prof. Dr. M. Haushofer. (Bd. 50.)
Bierbrauerei. Von Dr. A. Bau. Mit 47 Abb. (Bd. 333.)
Blumen. Unsere Bl. und Pflanzen im Garten. Von Prof. Dr. U. Dammer. Mit 69 Abb. (Bd. 360.)
— **Unsere Blumen und Pflanzen im Zimmer.** Von Prof. Dr. U. Dammer. Mit 65 Abb. (Bd. 359.)
— siehe auch Garten.
Brauerei. Die Bierbrauerei. Von Dr. A. Bau. Mit 47 Abb. (Bd. 333.)
Buch. Wie ein Buch entsteht. Von Prof. A. W. Unger. 4. Aufl. Mit 7 Taf. u. 26 Abb. (Bd. 175.)
— siehe auch Abt. IV (Buchgewerbe, Schrift- u. Buchwesen).
Buchhaltung und Bilanz, Die kaufm. und ihre Beziehungen zur buchhalterischen Organisation, Kontrolle und Statistik. Von Dr. P. Gerstner. (Bd. 507.)
Chemie. Ch. in Küche und Haus. Von Dr. J. Klein. 3. Aufl. (Bd. 76.)
— **Ch. und Technologie der Sprengstoffe.** Von Prof. Dr. R. Biedermann. Mit 15 Fig. (Bd. 286.)
— siehe auch Technik, ferner Chemie in Abt. V.
Dampfmaschine, Die. Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. 2 Bde. I: Wirkungsweise des Dampfes in Kessel und Maschine. 3. Aufl. Mit 45 Abb. (Bd. 393.)
— II: Ihre Gestaltung und ihre Verwendung. Mit 95 Abb. u. 1 Taf. (Bd. 394.)
Desinfektion, Sterilisation und Konservierung. Von Reg.- und Med.-Rat Dr. O. Solbrig. Mit 20 Abb. (Bd. 401.)
Deutsch: Deutscher Handel s. Handel. — Deutsches Handwerk, s. Handwerk. — Deutsche Verfassung s. Verfassung. — Deutsche Landwirtschaft s. Landwirtschaft. — Deutsche Reichsversicherung s. Reichsversicherung. — Deutsche Schiffahrt s. Schiffahrt. — Deutsches Weidwerk s. *Weidwerk.* — *Deutsches Wirtschaftsleben s. Wirtschaftsleben.* — Deutsches Zivilprozeßrecht s. Zivilprozeßrecht.
Drähte und Kabel, ihre Anfertigung und Anwendung in der Elektrotechnik. Von Telegrapheninspektor H. Brick. Mit 43 Abb. (Bd. 285.)
Ehe und Eherecht. Von Prof. Dr. L. Wahrmund. (Bd. 115.)
Eisenbahnwesen, Das. Von Eisenbahnbau- u. Betriebsinsp. a. D. Biedermann. 2. Aufl. Mit 56 Abb. (Bd. 144.)
— siehe auch Klein- u. Straßenbahnen, Verkehrsentwicklung.
Eisenbetonbau. Von Dipl.-Ing. E. Haimovici. Mit 81 Abb. (Bd. 275.)
Eisenhüttenwesen. Von weil. Geh. Bergrat Prof. Dr. H. Wedding. 4. Aufl. von Bergref. F. W. Wedding. Mit 15 Fig. (Bd. 20.)
Elektrische Kraftübertragung. Von Ing. P. Köhn. Mit 137 Abb. (Bd. 424.)
Elektrochemie. Von Prof. Dr. K. Arndt. Mit 38 Abb. (Bd. 234.)
Elektrotechnik. Grundlagen der E. Von Dr. A. Roth. Mit 72 Abb. (Bd. 391.)
— siehe auch Drähte u. Kabel, Telegr.
Erbrecht. Testamentserrichtung und E. Von Prof. Dr. F. Leonhard. (Bd. 429.)
Ernährung und Volksnahrungsmittel. Von weil. Prof. Dr. J. Frentzel. 2. Aufl. von Geh.-Rat Prof. Dr. N. Zuntz. Mit 7 Abb. und 2 Taf. (Bd. 19.)
Fabrikorganisation und Selbstkostenbestimmung. V. Prof. R. Rinkel. (Bd. 533.)
Farben und Farbstoffe. Ihre Erzeugung und Verwendung. Von Dr. A. Zart. Mit 31 Abbildungen im Text. (Bd. 483.)
— siehe auch Licht Abt. V.
Feuerungsanlagen, Industrielle, u. Dampfkessel. Von Ingenieur J. E. Mayer. Mit 88 Abb. (Bd. 348.)
Finanzwissenschaft. Von Prof. Dr. S. V. Altmann. (Bd. 306.)
— siehe auch Geld.
Frauenarbeit. Ein Problem des Kapitalismus. Von Prof. Dr. R. Wilbrandt. (Bd. 106.)
Friedensbewegung, Die moderne. Von A. H. Fried. (Bd. 157.)
Funkentelegraphie, Die. Von Oberpostpraktikant H. Thurn. Mit 58 Illustr. 3. Aufl. (Bd. 167.)
Garten. Der Kleingarten. V. Redakt. Joh. Schneider. Mit 80 Abb. (Bd. 498.)
— **Der Hausgarten.** Von Gartenarchitekt W. Schubert. Mit Abb. (Bd. 502.)
Gartenkunst. Geschichte der G. Von Reg.-Baumeister Chr. Ranck. Mit 41 Abb. (Bd. 274.)
Gartenstadtbewegung, Die. Von Generalsekretär H. Kampffmeyer. 2. Aufl. Mit 43 Abb. (Bd. 259.)
Geld, Das, und sein Gebrauch. Von G. Maier. (Bd. 398.)
— siehe auch Abt. IV (Münze).
Genußmittel siehe Kaffee, Kakao, Tabak, Arzneimittel und Genußmittel.

Gesundheitspolitik und Gesundheitsgesetzgebung. V. Obermedizinalrat Prof. Dr. M. v. Gruber. (Bd. 531.)

Getreidegräser siehe **Kulturpflanzen.**

Gewerblicher Rechtsschutz i. Deutschland. V. Patentanw. B. Tolksdorf. (Bd. 138.)
— siehe auch Urheberrecht.

Graphische Darstellung, Die. V. Prof. Dr. F. Auerbach. Mit 100 Abb. (Bd. 437.)

Handel. Geschichte des Welthandel. Von Prof. Dr. M. G. Schmidt. 2. Aufl. (Bd. 118.)
— **Geschichte des deutschen Handels.** Von Prof. Dr. W. Langenbeck. (Bd 237.)

Handfeuerwaffen, Die. Ihre Entwicklung und Technik. Von Hauptmann R. Weiß. Mit 69 Abb. (Bd. 364.)

Handwerk, Das deutsche, in seiner kulturgeschichtlichen Entwicklung. Von Geh. Schulrat Dr. E. Otto. 4. Aufl. Mit 33 Abb. auf 12 Tafeln. (Bd. 14.)

Haushalt, siehe Bakterien, Chemie, Desinfektion, Jurisprudenz, Naturwissenschaften, Physik.

Hänserbau s. Baukunde, Heizung u. Lüftung, Beleuchtungsw., Wohnungseinr.

Hebezeuge, Das Heben fester, flüssiger und luftförmiger Körper. Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. Mit 67 Abb. (Bd. 196.)

Heizung und Lüftung. Von Ingenieur J. E. Mayer. Mit 40 Abb. (Bd. 241.)

Holz, seine Bearbeitung und Verwendung. V. Insp. J. Großmann. (Bd. 473.)

Hotelwesen, Das. Von V. Damm-Etienne. Mit 30 Abb. (Bd. 331.)

Hüttenwesen siehe Eisenhüttenwesen.

Japaner, Die, i. d. Weltwirtschaft. V. Prof. Dr. K. Rathgen. 2. Aufl. (Bd. 72.)

Immunitätslehre siehe Abwehrkräfte des Körpers in Abt. V.

Ingenieurtechnik. Bilder aus der J. Von Baur. K. Merckel. M. 43 Abb. (Bd. 60.)
— **Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit.** Von Geh. Regierungsrat M. Geitel. Mit 32 Abb. (Bd. 28.)

Jurisprudenz im häuslichen Leben. Für Familie u. Haushalt. Von Rechtsanwalt P. Bienengräber. 2 Bde. (Bd. 219, 220.)
— siehe auch Miete.

Kabel. Drähte u. K., i. Anfertigung u. Anwend. i. d. Elektrotechn. V. Telegr.-Insp. H. Brick. M. 43 Abb. (Bd. 285.)

Kaffee, Tee, Kakao und die übrigen narkotischen Getränke. Von Prof. Dr. A. Wieler. Mit 24 Abb. und 1 Karte. (Bd. 132.)

Kälte, Die, ihr Wesen, ihre Erzeugung und Verwertung. Von Dr. H. Alt. Mit 45 Abb. (Bd. 311.)

Kaufmann. Das Recht des K. Von Rechtsanwalt Dr. M. Strauß. (Bd. 409.)

Kaufmännische Angestellte. Das Recht der k. A. Von Rechtsanw. Dr. M. Strauß. (Bd. 361.)

Kinematographie. Von Dr. H. Lehmann. Mit 69 Abb. (Bd. 358.)

Klein- und Straßenbahnen. Von Oberingenieur a. D. A. Liebmann. Mit 85 Abb. (Bd. 322.)
— siehe auch Eisenbahnwesen, Verkehrsentwicklung.

Kohlen, Unsere. Von Bergassessor V. Kukuk. Mit 60 Abb. (Bd. 396.)

Kolonialbotanik. Von Prof. Dr. F. Tobler. Mit 21 Abb. (Bd. 184.)

Kolonisation, Innere. Von A. Brenning. (Bd. 261.)

Konservierung siehe Desinfektion.

Konsumgenossenschaft, Die. Von Prof. Dr. F. Staudinger. (Bd. 222.)
— s. auch Mittelstandsbewegung, Wirtschaftliche Organisationen.

Kraftanlagen siehe Feuerungsanlagen und Dampfkessel, Elektr. Kraftübertragung, Dampfmaschine, Wärmekraftmaschine, Wasserkraftmaschine.

Kraftübertragung, Die elektrische. Von Ing. P. Köhn. Mit 137 Abb. (Bd. 424.)

Krieg. Der K. im Zeitalter des Verkehrs und der Technik. Von Major A. Meyer. Mit 3 Abb. (Bd. 271.)

Kriegsschiff, Das. Von Geh. Marinebaurat Krieger. Mit 60 Abb. (Bd. 389.)

Kriminalistik, Moderne. Von Dr. A. Hellwig. Mit 18 Abb. (Bd. 476.)
— siehe auch Verbrechen.

Küche siehe Chemie in Küche und Haus, Physik in Küche und Haus.

Kulturpflanzen. Unsere wichtigsten K. (die Getreidegräser). V. Prof. Dr. K. Giesenhagen. 2. Aufl. M. 38 Fig. (Bd. 10.)

Landwirtschaft, Die deutsche. Von Dr. W. Claaßen. Mit 15 Abb. und 1 Karte. (Bd. 215.)

Landwirtschaftliche Maschinenkunde. Von Prof. Dr. G. Fischer. Mit 62 Abb. (Bd. 316.)

Luftfahrt, Die, ihre wissenschaftlichen Grundlagen und ihre technische Entwicklung. Von Dr. R. Nimführ. 3. Aufl. v. Dr. Fr. Huth. M. 60 Abb. (Bd. 300.)

Luftstickstoff, Der, u. s. Verw. V. Prof. Dr. K. Kaiser. M. 13 Abb. (Bd. 313.)

Lüftung. Heizung und L. Von Ingenieur J. E. Mayer. Mit 40 Abb. (Bd. 241.)

Maschinen siehe Hebezeuge, Dampfmaschine, Wärmekraftmaschine, Wasserkraftmaschine und die folg. Bände.

Maschinenelemente. Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. 2. A. M. 175 Abb. (Bd. 301.)

Maschinenkunde siehe Landwirtschaftl. Maschinenkunde.

Maße und Messen. Von Dr. W. Block. Mit 34 Abb. (Bd. 353.)

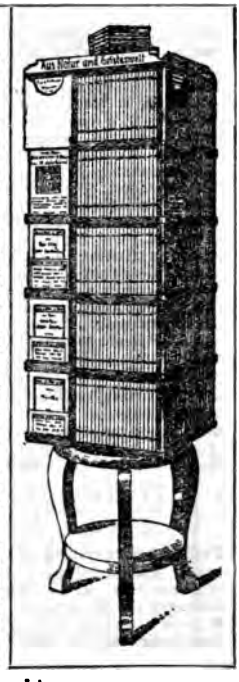
Mechanik. Von Kais. Geh. Reg.-Rat A. v. Ihering. I: Die Mechanik der festen Körper. Mit 61 Abb. II: Die Mechanik der flüssigen Körper. Mit 34 Abb. III: Die Mechanik d. gasförmigen Körper. (Bd. 303—305.)
Metalle, Die. Von Prof. Dr. K. Scheid. 3. Aufl. Mit 11 Abb. (Bd. 29.)
Miete, Die, nach dem BGB. Von Rechtsanw. Dr. M. Strauß. (Bd. 194.)
— s. auch Jurisprudenz i. häusl. Leben.
Mikroskop, Das. Von Prof. Dr. Scheffer. 2. Aufl. Mit 99 Abb. (Bd. 35.)
Milch, Die, und ihre Produkte. Von Dr. A. Reiß. Mit 16 Abb. (Bd. 362.)
Mittelstandsbewegung, Die moderne. Von Dr. L. Müffelmann. (Bd. 417.)
— s. Konsumgenoss., Wirtschaftl. Org.
Naturwissenschaften im Haushalt. V. Dr. J. Bongardt. M. Abb. I. Wie sorgt die Hausfrau für die Gesundheit der Familie? II. Wie sorgt die Hausfrau für gute Nahrung? (Bd. 125, 126.)
— s. Chemie, Physik in Küche u. Haus.
Naturwissenschaften und Technik, Am sausenden Webstuhl der Zeit. Übers. ü. Wirkungen d. N. u. T. a. d. ges. Kulturleben. V. Prof. Dr. W. Launhardt. 3. Aufl. (Bd. 23.)
Nautik. Von Dr. J. Möller. Mit 50 Fig. (Bd. 255.)
Obstb. V. Dr. E. Voges. M. Abb. (Bd. 107.)
Optischen Instrumente, Die. Von Dr. M. v. Rohr. 2. Aufl. Mit 84 Abb. (Bd. 88.)
Organisationen, Die wirtschaftlichen. Von Privatdoz. Dr. E. Lederer. (Bd. 428.)
Ostmark, Die. Probl. ihr. Wirtschoftsgesch. V. Pr. Dr. W. Mitscherlich. (Bd. 351.)
Patente u. Patentrecht s. Gewerbl. Rechtssch.
Perpetuum mobile, Das. V. Dr. Fr. Ichak-Rubiner. Mit 38 Abb. (Bd. 462.)
Photochemie. Von Prof. Dr. G. Kümmell. Mit 23 Abb. (Bd. 227.)
Photographie, Die, ihre wissenschaftlichen Grundl. u. i. Anwendung. V. Dr. O. Prelinger. Mit 65 Abb. (Bd. 414.)
— **Die künstlerische Photographie.** Von Dr. W. Warstat. M. 12 Tafeln. (Bd. 410.)
— **Angewandte Liebhaber-Photographie, ihre Technik und ihr Arbeitsfeld.** Von Dr. W. Warstat. (Bd. 535.)
Physik in Küche und Haus. Von Prof. Dr. H. Speitkamp. Mit 51 Abb. (Bd. 478.)
Postwesen, Das. Entwicklung und Bedeutg. Von Postrat J. Bruns. (Bd. 165.)
Rechenmaschinen, Die, und das Maschinenrechnen. Von Reg.-Rat Dipl.-Ing. K. Lenz. Mit 43 Abb. (Bd. 490.)
Recht siehe Eherecht, Erbrecht, Gewerbl. Rechtsschutz, Jurispr., Kaufm., Kaufm. Angest., Urheberr., Verbrechen, Kriminalistik, Verfassgsr., Wahlr., Zivilprozeßr.
Rechtsprobleme, Moderne. Von Prof. Dr. J. Kohler. 3. Aufl. (Bd. 128.)
Reichsversicherung, Die. Von Landesversich.-Assessor H. Seelmann. (Bd. 380.)
Salzlagerstätten, Die deutschen. Von Dr. C. Riemann. Mit 27 Abb. (Bd. 407.)
Schiffahrt, Deutsche, u. Schiffahrtspol. d. Ggnw. V. Prof. Dr. K. Thieß. (Bd. 169.)
Schiffbau siehe Kriegsschiff.
Schmuckst., Die, u. d. Schmuckteilindustr. V. Dr. A. Eppler. M. 64 Abb. (Bd. 376.)
Schutzgebiete, Unsere Sch. nach ihren wirtschaftl. Verhältn. F. Lichte d. Erdkunde darg. V. Dr. Chr. G. Barth. (Bd. 290.)
Soziale Bewegungen und Theorien bis zur modernen Arbeiterbewegung. Von G. Maier. 4. Aufl. (Bd. 2.)
— s. a. Arbeiterschutz u. Arbeiterversicher.
Sozialismus. Geschichte der sozialistischen Ideen im 19. Jahrh. Von Privatdoz. Dr. Fr. Muckle. I: Der ration. Soz. II: Proudhon u. d. entwicklungsgeschichtliche Sozialismus. (Bd. 269, 270.)
Spinnerei. Von Dir. Prof. M. Heßmann. Mit 35 Abb. (Bd. 338.)
Sprengst. Chemie u. Technol. d. Spr. V. Pr. Dr. R. Biedermann. M. Fig. (Bd. 286.)
Staat und Kirche in ihrem gegenf. Verhältnis f. d. Reformation. V. Pfarrer Dr. phil. A. Pfannkuche. (Bd. 485.)
Statik. Mit Einschluß der Festigkeitslehre. V. Reg.-Baum. A. Schau. (Bd. 497.)
Statistik. V. Pr. Dr. S. Schott. (Bd. 442.)
Stenographiesysteme, Die deutschen, ihre Entwicklg. u. ihre Anwendg. V. R. Weinmeister, Lektor f. Stenogr. (Bd. 536.)
Strafe und Verbrechen. Von Dr. F. Volliß. (Bd. 323.)
Straßenb. D. Klein- u. Strb. V. Ebering. a. D. A. Liebmann. M. Abb. (Bd. 322.)
Tabak. Der Anbau, Handel u. Verarbeit. V. Jac. Wolf. M. 17 Abb. (Bd. 416.)
Technik, Die chemische. Bd. I. Von Dr. A. Müller. Mit 24 Abb. (Bd. 191.)
Tee, Kaffee, Tee, Kakao und die übrigen narkotischen Getränke. V. Prof. Dr. A. Wieler. M. Abb. u. 1 Karte. (Bd. 132.)
Telegraphie, Die, i. i. Entwickl. u. Bedeutg. V. Postrat J. Bruns. M. Fig. (Bd. 183.)
— **Telegraphen- und Fernsprechtechnik** in ihrer Entwicklung. Von Telegr.-Insp. H. Brick. Mit 58 Abb. (Bd. 235.)
— **Die Funkentelegr.** V. Oberpostrakt. H. Thurn. M. Abb. 3. A. (Bd. 167.)
— siehe auch Drähte und Kabel.
Testamentserrichtung und Erbrecht. Von Prof. Dr. F. Leonhard. (Bd. 429.)
Thermodynamik siehe Wärmelehre.
Tiere. Die Fortpflanz. d. T. V. Prof. Dr. R. Goldschmidt. M. Abb. (Bd. 253.)
Tierzüchtung. Von Dr. G. Wilsdorf. Mit 30 Abb. auf 12 Tafeln. (Bd. 369.)

Uhr, Die. Von Reg.-Bauführer a. D. H. Bock. Mit 47 Abb. (Bd. 216.)
Urheberrecht D. Recht a. Schrift- u. Kunstw. B. Rechtsanw. Dr. R. Mothes. (Bd. 435.)
— siehe auch gewerblich. Rechtsschutz.
Verbrechen. Strafe und B. Geschichte und Organisation des Gefängniswesens. Von Dr. P. Pollitz. (Bd. 323.)
— **Verbrechen und Aberglaube.** Skizzen aus der volkskundlichen Kriminalistik. Von Dr. A. Hellwig. (Bd. 212.)
— **Moderne Kriminalistik.** Von Dr. A. Hellwig. Mit 18 Abb. (Bd. 476.)
Verbrecher. Die Psychologie des V. Von Dr. P. Pollitz. M. 5 Diagr. (Bd. 248.)
Verfassg. Grundz. d. V. d. Deutsch. Reiches. V. Pr. Dr. E. Loening. 4. A. (Bd. 34.)
— **V. u. Verwalt. der deutschen Städte.** Von Dr. Matth. Schmid. (Bd. 466.)
— **Deutsch. Verfassgsr. i. geschichtl. Entwickl.** V. Pr. Dr. E. Hubrich. 2. A. (Bd. 80.)
Verkehrsentwicklung i. Deutschl. 1800 b. z. Gw. V. Prof. Dr. W. Lotz. 2. A. (Bd. 15.)
Versicherungswesen. Grundzüge d. V. Prof. Dr. A. Manes. 2. A. (Bd. 105.)
— siehe Arbeiterschutz, Reichsversicherung
Volksnahrungsmittel siehe Ernährung u. V.
Waffentechnik siehe Handfeuerwaffen.
Wahlrecht. Das. Von Reg.-Rat Dr. O. Poensgen. (Bd. 249.)
Wärmekraftmaschinen. Die neueren. Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. 2 Bde. I: Einführung in die Theorie u. d. Bau d. Maschinen für gasförmige u. flüssige Brennstoffe. 4. A. M. 42 Abb. (Bd. 21.)
— II: Gasmaschinen, Gas- und Dampfturbinen. 3. Aufl. Mit 45 Abb. (Bd. 86.)
— siehe auch Kraftanlagen.
Wärmelehre, Einführung in die technische. Von Geh. Bergrat Prof. R. Vater. (Bd. 516.)
Wasser, Das. Von Privatdozent Dr. O. Anselmino. Mit 44 Abb. (Bd. 291.)
— siehe Abt. V (Luft, Wasser, Licht, Wärme).
Wasserkraftmaschinen und die Ausnutzung der Wasserkräfte. Von Geh. Reg.-Rat A. v. Ihering. Mit 73 Fig. (Bd. 228.)
Weberei. Von Prof. Paur. (Bd. 468.)
Weidwerk, Das deutsche. Von G. Frh. v. Nordenflycht. (Bd. 436.)
Weinbau und Weinbereitung. Von Dr. F. Schmitthenner. 34 Abb. (Bd. 332.)
Welthandel siehe Handel.
Wirtschaftliche Erdkunde. Von weil. Prof. Dr. Chr. Gruber. 2. Aufl. Bearb. von Prof. Dr. K. Dove. (Bd. 122.)
Wirtschaftsleben, Deutsch. Auf geograph. Grundl. gesch. V. weil. Prof. Dr. Gruber. 3. A. v. Dr. H. Reinlein. (Bd. 42.)
— **Die Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens im letzten Jahrhundert.** V. Prof. Dr. L. Pohle. 3. Aufl. (Bd. 57.)
— **Deutschl. Stellung i. d. Weltwirtsch.** V. Prof. Dr. P. Arndt. 2. A. (Bd. 179.)
— **Aus dem amerikanischen Wirtschaftsl.** V. Prof. J. L. Laughlin. (Bd. 127.)
Wirtschaftlichen Organisationen, Die. Von Privatdoz. Dr. E. Lederer. (Bd. 428.)
— s. Konsumgenoss., Mittelstandsbeweg.
Wirtschaftsgeschichte siehe Antike W.
Wohnhaus siehe Baukunde.
Wohnungseinrichtung. Von Reg.-Baumeister Bargiel. (Bd. 499.)
Zeitungswesen. V. Dr. H. Dietz. (Bd. 328.)
Zivilprozeßrecht, Das deutsche. Von Rechtsanwalt Dr. M. Strauß. (Bd. 315.)
Zollwes. V. Regsrat Dr. Klein. (Bd. 508.)

Das drehbare Gestell

für die Sammlung **Aus Natur u. Geisteswelt,**

gefällig und maßvoll in der Form und praktisch im Gebrauch, will jedem Freunde der schmucken, gehaltvollen Bändchen deren Vereinigung zu einer wertvollen Handbibliothek erleichtern, um so die Freude an der ständigen Benutzung der liebgewordenen Bücher noch wesentlich zu erhöhen.



Preis des Gestells (für 500 Bände) aus dunkelbraun geräuchertem Holz mit Fuß M. 60.— ohne Fuß M. 55.—

Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Probeheft

ı deutſcher Art und Arbeit

Schaffen und Schauen · Band I

3. Auflage. In Leinwand gebunden 5 Mark

s Buch will zeigen, was auf deutſchem Boden deutſche Arbeit in Art geſchaffen und geſtaltet, worum unſere Heere draußen kämpfen , wie wir hoffen, nach ſiegreichem Kriege ſich in neuer Blüte und ſtalten ſoll.

s deutſche Land als Boden deutſcher Kultur, das deutſche Volk in igenart, das Deutſche Reich in ſeinem Werden, die deutſche Volks- nach ihren Grundlagen und in ihren wichtigſten Zweigen, der Staat Aufgaben für Wehr und Recht, für Bildung wie für Förderung und des ſozialen Lebens, die bedeutſamſten wirtſchaftspolitiſchen Fragen ntlichſten ſtaatsbürgerlichen Beſtrebungen, endlich die wichtigſten Be- werden behandelt. Und es geſchieht in einem Sinne, der geeignet ändnis zu wecken für all das reiche Leben in deutſcher Vergangenheit enwart, den Willen im einzelnen zu entzünden, an ihm teilzuhaben, ſo- hm nur möglich. Zugleich werden ihm die Wege gezeigt, wie er zum es Ganzen und zum eigenen Beſten wirken, ſeine Lebensaufgabe mit m Gefühl der Selbſtverantwortung ſich ſtellen und ſie durchführen kann.

Der zweite Band des Werkes unter dem Titel

ı Menſchen Sein und Werden

2. Auflage. In Leinwand gebunden 5 Mark

Kampf um „das Weltreich deutſchen Geiſtes" als eine kleine Enzh- der von uns gegen Barbarei und Krämergeiſt verteidigten Kultur gelten.

zeigt das Werden unſerer geiſtigen Kultur, Weſen und Aufgaben nſchaftlichen Forſchung im allgemeinen wie der Geiſtes- und Natur- aften im beſonderen, die Bedeutung der Philoſophie, Religion und ls Erfüllung tiefwurzelnder menſchlicher Lebensbedürfniſſe, ferner als etzung von all dieſem die Stellung des Menſchen in der Natur, die edingungen und Äußerungen ſeines geiſtigen Daſeins und anderer- ammenfaſſend die Geſtaltung der Lebensführung nach den in dem argelegten Grundſätzen.

ch übereinſtimmendem Urteile von Männern des öffentlichen Lebens Schule, von Zeitungen und Zeitſchriften der verſchiedenſten Rich- öſt das Buch darum in erfolgreichſter Weiſe vor allem die Auf- e deutſche Jugend in das deutſche Leben der Gegenwart in wahr- ionalem Geiſte einzuführen.

em Werk wurden bisher über 25000 Expl. verkauft.

---

g von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

DIE KULTUR DER GEGENWA
IHRE ENTWICKLUNG UND IHRE ZI
HERAUSGEGEBEN VON PROF. PAUL HINNEB

VERLAG VON B. G. TEUBNER IN LEIPZIG UND BE

III. Teil. Die mathematischen, naturwissenschaftlichen medizinischen Kulturgebiete. [19 Bände.]

(* erschienen, † unter der Presse.) In Halbfranz geb. jeder Band 2 Mark mel

*I. Abt. Die math. Wissenschaften. (1 Bd.)
Abteilungsleiter u. Bandredakteur: F. Klein.
Bearb. v. P. Stäckel, H. E. Timerding, A. Voß, H. G. Zeuthen. 5 Lfgn. *I. Lfg. (Zeuthen) geh. M. 3.— *II. Lfg. (Voß u. Timerding). M. 6.— *III. Lfg. (Voß) geh. M 5.—

II. Abt. Die Vorgeschichte der mod. Naturwissenschaften u. d. Medizin. (1 Bd.)
Bandredakteure: J. Ilberg u. K. Sudhoff.

III. Abt. Anorg. Naturwissenschaften.
Abteilungsleiter: E. Lecher.
*Bd. 1. Physik. Bandredakteur: E. Warburg. Bearb. v. F. Auerbach, F. Braun, E. Dorn, A. Einstein, J. Elster, F. Exner, R. Gans, E. Gehrcke, H. Geitel, E. Gumlich, F. Hasenöhrl, F. Henning, L. Holborn, W. Jäger, W. Kaufmann, E. Lecher, H. A. Lorentz, O. Lummer, St. Meyer, M. Planck, O. Reichenheim, F. Richarz, H. Rubens, E. v. Schweidler, H. Starke, W. Voigt, E. Warburg, E. Wiechert, M. Wien, W. Wien, O. Wiener, P. Zeemann. M. 22.-, M. 24.-
*Bd. 2. Chemie. Bandredakteur: E. v. Meyer.
Allgem. Kristallographie u. Mineralogie. Bandredakteur: Fr. Rinne. Bearb. v. K. Engler, H. Immendorf, † O. Kellner, A. Kossel, M. Le Blanc, R. Luther, E. v. Meyer, W. Nernst, Fr. Rinne, O. Wallach, O. N. Witt, L. Wöhler. Mit Abb. M. 18.—, M. 20.—
†Bd. 3. Astronomie. Bandred.: J. Hartmann.
Bd. 4. Geonomie. Bandredakteure: † I. B. Messerschmitt u. H. Benndorf.
Bd. 5. Geologie (einschl. Petrographie). Bandredakteur: A. Rothpletz.
Bd. 6. Physiogeographie. Bandredakteur: E. Brückner. 1. Hälfte: Allg. Physiogeographie. 2. Hälfte: Spes. Physiogeographie.

IV. Abt. Organ. Naturwissenschaften.
Abteilungsleiter: R. v. Wettstein.
*Bd. 1. Allgemeine Biologie. Bandredakteure: † C. Chun u. W. Johannsen, u. Mitw. v. A. Günthart. Bearbeitet v. E. Baur, P. Boysen-Jensen, P. Claußen, A. Fischel, E. Godlewski, mann, W. Johannsen, E. Laqueur, † B. W. Ostwald, O. Porsch, H. Przibram, O. Rosenberg, W. Roux, W. Schleip, H. Spemann, O. zur Straßen. M. 21.—,
*Bd. 2. Zellen- und Gewebelehre, M logie und Entwicklungsgeschicht tan. Teil. Bandredakteur: † E. Str Bearb. v. W. Benecke u. † E. Strasbur Abb. M. 10.—, M. 12.— 2. Zoologisch Bandredakteur: O. Hertwig. Bearb. v. K. Heider, O. Hertwig, R. Hertwig, H. Poll. Mit Abb. M. 16.—, M, 18.—
Bd. 3. Physiologie u. Ökologie. † Teil. Bandredakteur: G. Haberlandt. logischer Teil. Bandredakteur: M.
*Bd. 4. Abstammungslehre, Syst Paläontologie, Biogeographie. Ba teure: R. Hertwig u. R. v. Wettstein. O. Abel, L. E. V. Boas, A. Brauer, A K. Heider, R. Hertwig, W. J. Jongmans, R. v. Wettstein. Mit Abb. M. 20.—,

V. Abt. Anthropologie einschli turwissensch. Ethnographie.
Bandredakteur: G. Schwalbe.

VI. Abt. Die medizin. Wissensc
Abteilungsleiter: Fr. v. Müller.
Bd. 1. Die Geschichte der mod. M Bandredakteur: K. Sudhoff. Die Le den Krankheiten. Bandredakteur:
Bd. 2. Die medizinischen Spezia Bandredakteur: Fr. v. Müller.
Bd. 3. Beziehungen der Medizin z wohl. Bandredakteur: M. v. Grube

VII. Abt. Naturphilosoph. u. P
*Bd. 1. Naturphilosophie. Bandre C. Stumpf. Bearb. v. E. Becher. M. 14.—
Bd. 2. Psychologie. Bandred.: C.

VIII. Abt. Organisation der For und des Unterrichts. (1 Bd.)
Bandredakteur: A. Gutzmer.

IV. Teil. Die technischen Kulturgebiete. [15 Bände.

Abteilungsleiter: W. v. Dyck und O. Kammerer.

Bisher erschien:

Technik des Kriegswesens. Geh. M. 24.—, geb. M. 26.— [1913. Ba
Inhalt (Bandredakteur M. Schwarte): Kriegsvorbereitung, Kriegsführung: M. Schw Waffentechnik, a) in ihren Beziehungen zur Chemie: O. Poppenberg; b) in ih ziehungen zur Metallurgie: W. Schwinning; c) in ihren Beziehungen zur Konstruktic W. Schwinning; d) in ihren Beziehungen zur optischen Technik: O. von Eberha ihren Beziehungen zur Physik und Mathematik: O. Becker. — Technik des Befestigung J. Schröter. — Kriegsschiffbau: O. Kretschmer. — Vorbereitung für den Seekrieg kriegsführung: M. Glatzel. — Einfluß des Kriegswesens auf die Gesamtkultur: A. Ke

Probeheft mit Inhaltsübersicht des Gesamtwerkes, Probeabschnitten, Inhaltsverzei und Besprechungen umsonst und postfrei durch B. G. Teubner, Leipzig,

Von deutſcher Art und Arbeit

Schaffen und Schauen · Band I

3. Auflage. In Leinwand gebunden 5 Mark

Dies Buch will zeigen, was auf deutſchem Boden deutſche Arbeit in deutſcher Art geſchaffen und geſtaltet, worum unſere Heere draußen kämpfen und was, wie wir hoffen, nach ſiegreichem Kriege ſich in neuer Blüte und Kraft entfalten ſoll.

Das deutſche Land als Boden deutſcher Kultur, das deutſche Volk in ſeiner Eigenart, das Deutſche Reich in ſeinem Werden, die deutſche Volkswirtſchaft nach ihren Grundlagen und in ihren wichtigſten Zweigen, der Staat und ſeine Aufgaben für Wehr und Recht, für Bildung wie für Förderung und Ordnung des ſozialen Lebens, die bedeutſamſten wirtſchaftspolitiſchen Fragen und weſentlichſten ſtaatsbürgerlichen Beſtrebungen, endlich die wichtigſten Berufsarten werden behandelt. Und es geſchieht in einem Sinne, der geeignet iſt, Verſtändnis zu wecken für all das reiche Leben in deutſcher Vergangenheit und Gegenwart, den Willen im einzelnen zu entzünden, an ihm teilzuhaben, ſoweit es ihm nur möglich. Zugleich werden ihm die Wege gezeigt, wie er zum Wohle des Ganzen und zum eigenen Beſten wirken, ſeine Lebensaufgabe mit dem vollen Gefühl der Selbſtverantwortung ſich ſtellen und ſie durchführen kann.

Der zweite Band des Werkes unter dem Titel

Des Menſchen Sein und Werden

2. Auflage. In Leinwand gebunden 5 Mark

darf im Kampf um „das Weltreich deutſchen Geiſtes" als eine kleine Enzyklopädie der von uns gegen Barbarei und Krämergeiſt verteidigten Kultur gelten.

Es zeigt das Werden unſerer geiſtigen Kultur, Weſen und Aufgaben der wiſſenſchaftlichen Forſchung im allgemeinen wie der Geiſtes- und Naturwiſſenſchaften im beſonderen, die Bedeutung der Philoſophie, Religion und Kunſt als Erfüllung tiefwurzelnder menſchlicher Lebensbedürfniſſe, ferner als Vorausſetzung von all dieſem die Stellung des Menſchen in der Natur, die Grundbedingungen und Äußerungen ſeines geiſtigen Daſeins und andererſeits zuſammenfaſſend die Geſtaltung der Lebensführung nach den in dem Werke dargelegten Grundſätzen.

Nach übereinſtimmendem Urteile von Männern des öffentlichen Lebens und der Schule, von Zeitungen und Zeitſchriften der verſchiedenſten Richtungen löſt das Buch darum in erfolgreichſter Weiſe vor allem die Aufgabe, die deutſche Jugend in das deutſche Leben der Gegenwart in wahrhaft nationalem Geiſte einzuführen.

Von dem Werk wurden bisher über 25000 Expl. verkauft.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

LANE MEDICAL LIBRARY

To avoid fine, this book should be returned on or before the date last stamped below.

denn „die moderne zoologische Literatur weist kein Werk auf, welches in dieser großzügigen Weise alle Seiten des tierischen Organismus so eingehend behandelt. Das Werk wird sich bald einen Ehrenplatz in jeder biologischen Bibliothek erobern."

(L. Plate im Archiv f. Rassen- u. Gesellsch.-Biologie.)

„Ein in jeder Hinsicht ausgezeichnetes Werk. Es vereinigt sachliche, streng wissenschaftliche Behandlung des Gegenstandes mit klarer, jedem, der in rechter Mitarbeit an das Werk herantritt, verständlicher Darstellung. Jeder wird das Buch mit großem Gewinn und trotzdem großem Genuß lesen und Einblick in den Ernst der Wissenschaft gewinnen. Das schöne Werk darf als Muster volkstümlicher Behandlung wissenschaftlicher Probleme bezeichnet werden."

(Literarischer Jahresbericht des Dürerbundes.)

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Boruttau, H.J.
All1H Die Arbeitsleistungen
A93 des Menschen. 82352
v.539
1916
NAME
LANE
MIST
DATE DUE

Künstlerischer Wandschmuck
für Haus und Schule

Teubners Künstlersteinzeichnungen

W

Kü

100 × 70 cr

75 × 55 cr

Rahmen i

K. V

....Eines

„Per

Album, die

Wandfrieses

mat 20½×

Teilbilder (

pro Blatt M

bilder (35

Kar

Führe

von Bayern.

feldmarschal

Zeppelin. 1

Ludendorff.

Falkenhayn.

Einzelblät

12 Blättern

Blätter auf

geklebt M.

Reihe (Nr.

Char

32 Federzeic

Maximilian

Große Kur

15. Schiller

21. Königin

27. Menzel.

Mappe mi

32 Blätter a

Chara

16 Federzei

Fichte. Sch

Mappe m

Rahm

mit

Vollständiger

Verlo

.in